

# **Neural Network for Adaptive Distributed Routing in Communication Networks**

**A Thesis**

**Submitted to the Council of the Science  
College of Babylon University in Partial  
Fulfillment of the Requirements for the  
Degree of Master of Science in  
Computer Science**

**By**

**Ali Kadhum Idrees Al-Saadi**

**February ٢٠٠٣**

## Abstract

The transmitted information across a communication network from a router (or host) to another is in the form of data packets, and the packet transmission process from a source to a destination refers to packet routing. It is an important factor that has significant impact on the performance of the computer network. The main objective of the routing is to find an optimum route or suboptimum path for data transmission so as to satisfy the user demand for a fast service.

Most previous researches used the traditional approaches (shortest path algorithm) to perform the routing process in the communication network. The researches based on the neural network include at most mapping the whole communication network to large size Hopfield neural network and this approach is not beyond the centralized control, and depends on global information to make the decision process to route the packet from source to destination. But the dependence on global information becomes less acceptable. This research proposes an adaptive method using Hopfield neural network to make routing decisions in computer network routers. The small neural network is placed at each router (or host) in the communication network. Each neural network makes its decisions independently and in a parallel distributed adaptive way based on local information from neighboring routers. The neural network offers one of the important services of the integrated service architecture implemented at the routers.

The neuron behaviors of the proposed neural network are studied for different cases and the simulation results explain high-speed convergence to arrive at the correct decision with a good determination to next router toward the destination.

The proposed system tested on a group of communication network topologies in different sizes and complexities and the proposed system proved its ability to find the optimum or suboptimum route in efficient way.

The proposed system is executed on Pentium IV computer with processor speed 1000 MHz and using visual C++ version 6 with object oriented approach.

# شبكة عصبية للتسيير الموزع المتأقلم في شبكات الاتصالات

رسالة مقدمة

الى مجلس كلية العلوم □ جامعة بابل

وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الحاسبات

من قبل الطالب

علي كاظم إدريس السعدي

شباط ٢٠٠٣ م

ذو الحجة ١٤٢٣ هـ

سورة البقرة

﴿قَالُوا سُبْحٰنَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ﴾

سورة البقرة

سورة البقرة/ الآية (٣٢)

## توصية الاستاذين المشرفين

نشهد أنّ إعداد هذه الرسالة الموسومة بـ( شبكة عصبية للتسيير الموزع المتأقلم في شبكات الاتصالات ) قد جرى تحت إشرافنا في قسم علوم الحاسبات - كلية العلوم - جامعة بابل وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الحاسبات.

التوقيع :	التوقيع :
اسم المشرف: توفيق عبد الخالق الأسدي	اسم المشرف: د. محمد الشرييني علي
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد	المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
التاريخ: / / ٢٠٠٣	التاريخ: / / ٢٠٠٣

## توصية رئيس القسم

إشارة الى التوصية المذكورة آنفاً المقدمة من قبل الاستاذين المشرفين أحيل هذه الرسالة الى لجنة المناقشة لدراستها وبيان الرأي فيها.

التوقيع :  
الاسم: د. نبيل هاشم كاغد  
المرتبة العلمية: أستاذ  
التاريخ: / / ٢٠٠٣

## قرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة الموقعون في أدناه، نشهد أننا قد اطلعنا على الرسالة الموسومة  
بـ) شبكة عصبية للتسيير الموزع المتأقلم في شبكات الاتصالات). وقد ناقشنا الطالب (( علي  
كاظم إدريس )) في محتوياتها وفيما له علاقة بها، وذلك بتاريخ ٢٩ / ٧ / ٢٠٠٣ ووجدنا أنها جديرة بالقبول  
بدرجة ( جيد جداً ) لنيل درجة الماجستير في علوم الحاسبات.

التوقيع: رئيس اللجنة: د. علاء حسين الحماوي  
التوقيع: عضو اللجنة: د. نبيل هاشم كاغد  
المرتبة العلمية: أستاذ  
المرتبة العلمية: أستاذ  
العنوان: قسم علوم الحاسبات/كلية الرافدين الجامعة  
العنوان: قسم علوم الحاسبات/جامعة بابل  
التاريخ: ٢٠٠٣/ /  
التاريخ: ٢٠٠٣/ /

التوقيع: عضو اللجنة: د. محمود حمزة محمد  
التوقيع: عضو اللجنة(مشرفاً): د. محمد الشربيني علي  
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد  
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد  
العنوان: قسم علوم الحاسبات/الجامعة المستنصرية  
العنوان: قسم علوم الحاسبات/الجامعة المستنصرية  
التاريخ: ٢٠٠٣/ /  
التاريخ: ٢٠٠٣/ /

التوقيع: عضو اللجنة(مشرفاً): توفيق عبد الخالق عباس  
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد  
العنوان: قسم علوم الحاسبات/جامعة بابل  
التاريخ: ٢٠٠٣/ /

## مصادقة عمادة كلية العلوم

أصادق على ماجاء في قرار اللجنة في أعلاه.

التوقيع: الاسم: د. عودة مزعل ياسر  
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد  
العنوان: كلية العلوم/ جامعة بابل  
التاريخ: ٢٠٠٣/ /

## شكر وتقدير

- لايسعني وأنا اكمل هذه الرسالة إلا أن احمد الله سبحانه وتعالى واشكر فضله على ما أمدني به من القوة والصبر والإرادة وأقدم خالص شكري وتقديري إلى :
- ◀ رئاسة جامعة بابل لتعاونها في تطوير مستوى الدراسات العليا في كليات وأقسام الجامعة كافة.
  - ◀ عمادة كلية العلوم لجهودها المتواصلة في دعم طلبة الدراسات العليا في كلية العلوم.
  - ◀ أستاذي المشرفين الأستاذ المساعد الدكتور محمد الشربيني علي والأستاذ المساعد توفيق عبد الخالق الأسدي لملاحظاتهم القيمة وجهودهم المتواصلة في دعم هذه الرسالة.
  - ◀ قسم علوم الحاسبات متمثلاً بالأستاذ الدكتور نبيل هاشم كاغد لجهوده في توفير كل ما نحتاج إليه من مستلزمات بحثية خلال مدة الدراسة والى كافة الأساتذة والمعيدين والموظفين في القسم.
  - ◀ جميع العاملين في المكتبة المركزية وخصوصاً العاملين في قسم مذكرة التفاهم لتعاونهم معنا خلال مدة الدراسة.
  - ◀ جميع العاملين في وحدة الانترنت في عمادة كلية العلوم لتعاونهم معنا خلال مدة الدراسة.
  - ◀ جميع طلاب الماجستير-مرحلة البحث في قسم علوم الحاسبات لتشجيعهم لي خلال مدة الدراسة.

الباحث

## الخلاصة

إن تناقل البيانات عبر شبكة الاتصالات من مسير (router) (أو مضيف (host) ) إلى آخر يكون بهيئة رزم بيانات (data packet) ويشار إلى عملية إرسال الرزمة من المصدر إلى الهدف بتسيير الرزمة (packet routing) ، تُعدُّ هذه العملية عاملاً مهماً ولها تأثير كبير في أداء شبكة الحواسيب. فالهدف الرئيسي من التسيير (routing) هو إيجاد مسار أمثل أو جيد تسلكه البيانات لكي يلبي طلب المستخدم بالخدمة السريعة.

معظم البحوث السابقة استخدمت الأسلوب التقليدي ( خوارزميات المسار الأقصر ) لإجراء عملية التسيير داخل شبكات الاتصالات. أما البحوث المستندة على الشبكات العصبية فتتضمن على الأغلب مقابلة شبكة الاتصالات إلى شبكة هوبفيلد العصبية كبيرة الحجم وهذا الأسلوب لا يبتعد عن مفهوم الضبط المركزي (centralized control) ويعتمد على المعلومات الشاملة لإجراء عملية القرار في تسيير الرزمة من المصدر إلى الهدف لكن الاعتماد على المعلومات الشاملة أصبح اقل قبولاً.

يقترح هذا البحث استخدام شبكة هوبفيلد العصبية لصنع قرارات التسيير في مسيرات شبكات الحواسيب. يتم وضع الشبكة العصبية الصغيرة داخل كل مسير (أو مضيف) في شبكة الاتصالات. تصنع كل شبكة عصبية قراراتها بصورة مستقلة وبطريقة متألّمة ومتوازية بالاعتماد على معلومات محلية من مسيرات الجوار. تعرض هذه الشبكة العصبية أحد الخدمات المهمة في معمارية الخدمات المتكاملة ( Integrated Service Architecture ) المنفذة داخل المسير .

تم دراسة سلوكية عصبونات الشبكة العصبية المقترحة ولحالات مختلفة وقد بينت نتائج المحاكاة التقارب العالي السرعة (High-Speed Convergence) للوصول إلى قرار صحيح جيد للمسير القادم نحو الهدف. اختبر النظام المقترح على مجموعة من طوبولوجيات (Topologies) شبكات الاتصالات وبأحجام وتعقيدات مختلفة ولقد اثبت النظام المقترح اقتداره على إيجاد المسار الأمثل أو الجيد وبطريقة كفوءة.

تم تنفيذ النظام المقترح على حاسب نوع بنتيوم ٤ وبسرعة معالج ١٥٠٠ ميغا هيرتز واستخدام لغة ++ visual C الإصدار ٦ وأسلوب البرمجة الكيانية لبرمجتها.

## المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع	الرقم
أب	الخلاصة	
ج-هـ	المحتويات	
و-ح	قائمة الجداول	
ط	قائمة الأشكال	
	<b>المقدمة</b>	<b>الفصل الأول</b>
١	مقدمة عامة	١-١
١	مقدمة	١-١-١
١	شبكات الاتصالات	٢-١-١
٣	العنونة	٣-١-١
٤	معمارية الخدمات المتكاملة	٤-١-١
٥	تقنيات الحل لمسائل الامثلية	٥-١-١
٧	التسيير في شبكات الاتصالات	٢-١
٨	المعايير المستخدمة في التسيير	٣-١
١٠	متطلبات بروتوكول التسيير	٤-١
١١	نظرة على مسالة التسيير	٥-١
١٣	التسيير المستند على نوع الخدمة	٦-١
١٣	النموذج الوظيفي لعقدة تمرير الرزم	٧-١
١٦	خوارزميات التسيير	٨-١
١٧	ستراتيجيات التسيير في شبكات الاتصالات	٩-١
٢٣	بروتوكولات التسيير في شبكات الحواسيب	١٠-١
٢٤	التسيير التدرجي	١١-١
٢٥	خوارزميات التسيير التقليدية	١٢-١
٢٥	التسيير ذو المسار الأقصر	١-١٢-١
٢٦	التسيير ذو المسار الأقصر الموزون (التسيير العالمي)	٢-١٢-١
٢٩	تسيير بيلمان-فوردي الموزع	٣-١٢-١
٣٠	تحديثات الجداول	١-٣-١٢-١
٣١	تحليل عبء خوارزمية بيلمان-فوردي	٢-٣-١٢-١
	<b>الموضوع</b>	<b>الرقم</b>
٣٢	الشبكات العصبية	١٣-١
٣٢	معماريات الشبكات العصبية الاصطناعية	١-١٣-١
٣٢	شبكات التغذية الأمامية	١-١-١٣-١
٣٣	شبكات التغذية الراجعة	٢-١-١٣-١
٣٣	الشبكات التنافسية	٣-١-١٣-١
٣٣	التعلم في الشبكات العصبية الاصطناعية	٢-١٣-١
٣٥	نموذج ماكلوخ بيتز للخلية	٣-١٣-١
٣٦	دوال النشاط العامة	٤-١٣-١
٣٩	الهيكل العام للموصلات	٥-١٣-١
٤٠	قانون هيب للموصلات	٦-١٣-١

٤١	شبكة هوبفيلد العصبية	٧-١٣-١
٤١	شبكة هوبفيلد المتقطعة	١-٧-١٣-١
٤٣	شبكة هوبفيلد العصبية الاصطناعية المتصلة	٢-٧-١٣-١
٤٥	التنفيذ التشابهي لشبكة هوبفيلد العصبية المتصلة	٣-٧-١٣-١
٤٧	استخدام شبكة هوبفيلد المتصلة لحل مسائل الامثلية	٤-٧-١٣-١
٤٨	عملية التحويل	٥-٧-١٣-١
٥١	المشاكل المتنوعة في شبكة هوبفيلد العصبية	٦-٧-١٣-١
٥٢	التسيير في شبكات الاتصالات مع الشبكات العصبية	١٤-١
٥٤	نبذة مختصرة للبحوث السابقة	١٥-١
٥٦	هدف النظام المقترح	١٦-١

## الفصل الثاني النظام المقترح

٥٨	النظام المقترح	١-٢
٦١	هيكل عمل الشبكة العصبية المقترحة	٢-٢

## الفصل الثالث النتائج ، الاستنتاجات والأعمال المستقبلية

٧٢	إنجازية النظام المقترح	١-٣
رقم الصفحة	الموضوع	الرقم

٧٢	دراسة ديناميكية العصبونات في الشبكة العصبية المقترحة	١-١-٣
٨٤	نتائج الطريقة المقترحة	١-١-٣
٨٤	التجربة الأولى	١-٢-١-٣
٨٧	التجربة الثانية	٢-٢-١-٣
٨٩	التجربة الثالثة	٣-٢-١-٣
٩٤	التجربة الرابعة	٤-٢-١-٣
١٠٢	مشاكل وحلول	٣-١-٣
١٠٣	دراسة تأثير تعو مدى القيم الابتدائية للعصبونات على عدد دورات القرار	٤-١-٣
١٠٨	دراسة تأثير تعو مدى القيم الابتدائية للعصبونات على طول المسار	٥-١-٣
١١٢	دراسة تأثير حجم شبكة الاتصالات على قيمة $\rho$ المناسبة	٦-١-٣
١١٣	الاستنتاجات	٢-٣
١١٥	الأعمال المستقبلية	٣-٣
١١٦	المصادر	

## قائمة الجداول

رقم الصفحة	اسم الجدول	رقم الجدول
٧٣	المعاملات الأساسية المستعملة في كافة التجارب في هذه الدراسة	جدول (١-٣)
٧٣	حالة العصبونات	جدول (٢-٣)
٧٣	مخرجات العصبونات	جدول (٣-٣)
٧٤	حالة العصبونات	جدول (٤-٣)
٧٤	مخرجات العصبونات	جدول (٥-٣)
٧٥	حالة العصبونات	جدول (٦-٣)
٧٥	مخرجات العصبونات	جدول (٧-٣)
٧٧	حالة العصبونات	جدول (٨-٣)
٧٧	مخرجات العصبونات	جدول (٩-٣)
٧٨	حالة العصبونات	جدول (١٠-٣)
٧٨	مخرجات العصبونات	جدول (١١-٣)
٧٩	حالة العصبونات	جدول (١٢-٣)
٧٩	مخرجات العصبونات	جدول (١٣-٣)
٨٠	حالة العصبونات	جدول (١٤-٣)
٨٠	مخرجات العصبونات	جدول (١٥-٣)
٨١	حالة العصبونات	جدول (١٦-٣)
٨١	مخرجات العصبونات	جدول (١٧-٣)
٨٢	حالة العصبونات	جدول (١٨-٣)
٨٢	مخرجات العصبونات	جدول (١٩-٣)
٨٤	المعاملات الأساسية المستخدمة في النظام المقترح ولكل التجارب	جدول (٢٠-٣)
٨٥	حالة شبكة الاتصالات الابتدائية المستخدمة في المحاكاة	جدول (٢١-٣)
٨٦	نتائج المحاكاة	جدول (٢٢-٣)
٨٨	حالة شبكة الاتصالات الابتدائية المستخدمة في المحاكاة	جدول (٢٣-٣)
٨٩	نتائج المحاكاة	جدول (٢٤-٣)
٩٢	حالة شبكة الاتصالات الابتدائية المستخدمة في المحاكاة	جدول (٢٥-٣)
٩٣	نتائج المحاكاة	جدول (٢٦-٣)
٩٦	حالة شبكة الاتصالات الابتدائية المستخدمة في المحاكاة	جدول (٢٧-٣)
٩٧	حالة شبكة الاتصالات الابتدائية المستخدمة في المحاكاة	جدول (٢٧-٣) ب
٩٨	حالة شبكة الاتصالات الابتدائية المستخدمة في المحاكاة	جدول (٢٧-٣) ج

رقم الصفحة	اسم الجدول	رقم الجدول
٩٩	حالة شبكة الاتصالات الابتدائية المستخدمة في المحاكاة	جدول (٢٧-٣) د
١٠٠	نتائج المحاكاة	جدول (٢٨-٣) أ
١٠١	نتائج المحاكاة	جدول (٢٨-٣) ب
١٠٤	تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على عدد الدورات باستخدام مسار محدد	جدول (٢٩-٣)
١٠٤	تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على عدد الدورات باستخدام مسار عشوائي	جدول (٣٠-٣)
١٠٥	تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على عدد الدورات باستخدام مسار محدد	جدول (٣١-٣)
١٠٥	تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على عدد الدورات باستخدام مسار عشوائي	جدول (٣٢-٣)
١٠٦	تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على عدد الدورات باستخدام مسار محدد	جدول (٣٣-٣)
١٠٦	تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على عدد الدورات باستخدام مسار محدد	جدول (٣٤-٣)

مسار عشوائي	جدول (٣٥-٣)	تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على عدد الدورات باستخدام.....١٠٧
مسار محدد	جدول (٣٦-٣)	تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على عدد الدورات باستخدام.....١٠٧
مسار عشوائي	جدول (٣٧-٣)	تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على طول المسار باستخدام.....١٠٨ عقدتي مصدر وهدف محددتين
مسار عشوائي	جدول (٣٨-٣)	تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على طول المسار باستخدام.....١٠٩ عقدتي مصدر وهدف عشوائيتين
مسار عشوائي	جدول (٣٩-٣)	تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على طول المسار باستخدام.....١٠٩ عقدتي مصدر وهدف محددتين
مسار عشوائي	جدول (٤٠-٣)	تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على طول المسار باستخدام.....١١٠ عقدتي مصدر وهدف عشوائيتين
مسار عشوائي	جدول (٤١-٣)	تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على طول المسار باستخدام.....١١٠ عقدتي مصدر وهدف محددتين

رقم الصفحة	اسم الجدول	رقم الجدول
١١١	تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على طول المسار باستخدام..... عقدتي مصدر وهدف عشوائيتين	جدول (٤٢-٣)
١١١	تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على طول المسار باستخدام..... عقدتي مصدر وهدف محددتين	جدول (٤٣-٣)
١١٢	تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على طول المسار باستخدام..... عقدتي مصدر وهدف عشوائيتين	جدول (٤٤-٣)

## قائمة الأشكال

رقم الشكل	اسم الشكل	رقم الصفحة
	معمارية الخدمات المتكاملة المنفذة داخل المسير..... ٤	
شكل (٢-١)	مثال شبكة يمثل نظامان ذاتيين متصلين	١١
شكل (٣-١)	النموذج لوظيفي لعقدة تمرير الرزم	١٤
شكل (٤-١)	التسيير في ممر الرزم	١٥
شكل (٥-١)	نموذج ماكلوخ بيتز للخلية	٣٥
شكل (٦-١)	الدالة الثنائية أحادية القطب	٣٧
شكل (٦-١)	الدالة الثنائية ثنائية القطب	٣٧
شكل (٨-١)	الدالة السيجماوية أحادية القطب	٣٨
شكل (٩-١)	الدالة السيجماوية ثنائية القطب	٣٩
شكل (١٠-١)	نموذج الشبكة	٤٥
شكل (١١-١)	التنفيذ التشابهي لشبكة هوبفيلد العصبية	٤٦
شكل (١-٣)	مثال لشبكة اتصالات ذات ٥ مسّوات	٧٢
شكل (٢-٣)	ديناميكية العصبونات داخل المسّوم ٢ عندما $\rho = 0.5$	٧٤
الشكل (٣-٣)	ديناميكية العصبونات داخل المسّوم ٢ عندما $\rho = 0.7$	٧٥
شكل (٤-٣)	ديناميكية العصبونات داخل المسّوم ٢ عندما $\rho = 0.9$	٧٦
شكل (٥-٣)	ديناميكية العصبونات داخل المسّوم ٣ عندما $\rho = 0.5$	٧٧
شكل (٦-٣)	ديناميكية العصبونات داخل المسّوم ٣ عندما $\rho = 0.7$	٧٨
شكل (٧-٣)	ديناميكية العصبونات داخل المسّوم ٣ عندما $\rho = 0.9$	٧٩
شكل (٨-٣)	ديناميكية العصبونات داخل المسّوم ٥ عندما $\rho = 0.5$	٨١
شكل (٩-٣)	ديناميكية العصبونات داخل المسّوم ٥ عندما $\rho = 0.7$	٨٢
شكل (١٠-٣)	ديناميكية العصبونات داخل المسّوم ٥ عندما $\rho = 0.9$	٨٣
شكل (١١-٣)	مثال لشبكة اتصالات ذات ٩ مسّوات	٨٥
شكل (١٢-٣)	مثال لشبكة اتصالات ذات ١٦ مسّوي	٨٧
شكل (١٣-٣)	مثال لشبكة اتصالات ذات ٢٥ مسّوي	٩٠
شكل (١٤-٣)	مثال لشبكة اتصالات ذات ٥٠ مسّوي	٩٥
شكل (١٥-٣)	العلاقة بين قيمة $\rho$ وعدد العقد في شبكة الاتصالات	١١٣

## المصادر

- [١] B. Forouzan, **Introduction to data communication & Networking**, McGraw-Hill, ١٩٩٨.
- [٢] L. Mackenzie, **communication and networks**, McGraw-Hill, ١٩٩٨.
- [٣] A. S. Tanenbaum, **Computer Networks**, Prentice-Hall, 2<sup>nd</sup> Edition, ١٩٩٦.
- [٤] S. N. Murthy, **Design and Analysis of distributed Routing Algorithms**, Master Thesis, University of California, Santa Cruz, ١٩٩٤.
- [٥] W. Stallings, **High-Speed Networks: TCP/IP and ATM Design Principles**, Prentice-Hall, ١٩٩٨.
- [٦] S. Gai, **Internetworking Ipv٦ with Cisco routers**, McGraw-Hill, ١٩٩٨.
- [٧] M. Naugle, **Illustrated TCP/IP**, WILEY, ١٩٩٩.
- [٨] D. E. Comer, **Computer Networks and Internets**, Prentice-Hall, 2<sup>nd</sup> Edition, ١٩٩٩.
- [٩] D. Xuan, W. Jia, W. Zhao, and H. Zhus, **A routing protocol for anycast messages**, IEEE Transaction on parallel and distributed systems, ١١, ٦, ٥٧١, (٢٠٠٠).
- [١٠] G. Feng, **Neural network and algorithmic methods for Solving Routing Problems in High-Speed Networks**, Ph.D. Thesis, University of Miami, ٢٠٠١.
- [١١] C. Baransel, W. Dobosiewicz, and P. Gburzynski, **Routing in multihop packet switching networks: Gbps challenge**, IEEE networks ٩, ٣, ٣٨, (١٩٩٥).
- [١٢] G. Feng and C. Douligeris, **A neural network method for minimum delay routing in packet-switched networks**, Computer Communications, ٢٤, ١٠, ٩٣٣, (٢٠٠١).
- [١٣] H. E. Rauch and T. Winarske, **Neural networks for routing communication traffic**, IEEE control systems magazine, ٨, ٢, ٢٦, (١٩٨٨).
- [١٤] T. Fritsch, M. Mittler, and T. Gia, **Artificial neural net applications in telecommunication systems**, Neural computing and applications, ١٢٤, (١٩٩٣).

- [15] C. Tseng and M. Garzon, **Hybrid distributed adaptive neural router**, Proceedings ANNIE-98 conference: smart engineering design: neural nets, Fuzzy logic, rough sets and evolutionary programming, (1998).
- [16] H. Kurokawa, C. Y. Ho, and S. Mori, **The neural network approach to a parallel decentralized network routing**, Neural Networks, 11, 2, 347, (1998).
- [17] J. Häkkinen, M. Lagerholm, C. Peterson, and B. Söderberg, **A Potts neuron approach to communication routing**, Neural Computation, 10, 6, 1087, (1998).
- [18] J. E. Wiesethier, C. M. Barnhart, and A. Ephremides, **A neural network approach to routing without interference in multihop radio networks**, IEEE Transaction on communications, 39, 9, 166, (1994).
- [19] F. Araújo, B. Ribeiro, and L. Rodrigues, **A neural network for shortest path computation**, IEEE-NN, 12, 1067, (2001).
- [20] J. Wang, **A recurrent neural network for solving the shortest path problem**, IEEE Transactions on circuits and systems-I: Fundamental theory and applications, 43, 6, 482, (1996).
- [21] J. Wang, **Primal and dual neural networks for shortest-path routing**, IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics-part A: systems and humans, 28, 6, 864, (1998).
- [22] S. Keshav, **An Engineering approach to computer Networking: ATM Networks, the internet, and the telephone Network**, Addison-Wesley, 1997.
- [23] P. J. Shoubridge, **Adaptive strategies for routing in dynamic Networks**, Ph.D. Thesis, University of South Australia, 1996.
- [24] S. Murthy, **Routing in Packet-switched Networks using Path-Finding Algorithm**, Ph.D. Thesis, University of California, Santa Cruz, 1996.
- [25] C. Huitema, **Routing in the Internet**, Prentice-Hall, 2<sup>nd</sup> Edition, 2000.
- [26] I. Matta and U. Shankar, **Type-of-service routing in datagram delivery systems**, IEEE Journal of selected area in communications, 13, 8, 1411, (1995).
- [27] T. Lammle, **Cisco Certified Network Associate**, SYBEX, 2000.

- [28] S. Venkatachary, **Fast and efficient Internet lookups**, Ph.D. Thesis, Washington University, 1999.
- [29] P. Gupta, **Algorithm for Routing lookups and packet classification**, Ph.D. Thesis, Stanford University, 2001.
- [30] W. K. F. Lor and K. Y. M. Wong, **Decentralized Neural Dynamic Routing in Circuit-Switched Network**, Proceedings of international workshop on Applications of Neural Network to Telecommunications 2, 137, (1990).
- [31] S. Kumar, **Confidence based dual Reinforcement Q-Routing: an online Adaptive network Routing Algorithm**, Master Thesis, The University of Texas at Austin, 1998.
- [32] L. Fausett, **Fundamentals of Neural Networks**, Prentice-Hall, 1994.
- [33] L. C. Jain and R. K. Jain, **Hybrid Intelligence engineering Systems**, World Scientific Publishing, 1997.
- [34] N. B. Karayiannis and A. N. Venetsanopoulos, **Artificial Neural Networks: learning algorithms, performance evaluation, and Applications**, KLUWER ACADEMIC Publisher, 1992.
- [35] J. M. Zurada, **Introduction to Artificial Neural System**, JAICO publishing House, 1997.
- [36] X. Yoa, **Evolving Artificial neural Network**, Proceedings of the IEEE, 87, 9, 1423, (1999).
- [37] A. Konar, **Artificial Intelligence and soft computing behavioral and cognitive modeling of the human brain**, CRC press, 2000.
- [38] A. S. Pandya and R. B. Macy, **Pattern Recognition with neural networks in C++**, CRC press, 1996.
- [39] E. Davalo and P. Naïm, **Neural networks**, MACMILLAN, 1991.
- [40] G. F. Luger and W. A. Stubblefield, **Artificial Intelligence: structures and strategies for complex problem solving**, Addison-Wesley, 1998.
- [41] G. Feng and C. Douligeris, **The convergence and parameter relationship for discrete-time continuous-state Hopfield Network**, IJCNN'2001, 1,376, (2001).

- [ $\epsilon_2$ ] K. Smith, M. Palaniswami, and M. Krishnamoorthy, **Neural techniques for combinatorial optimization with applications**, IEEE transaction on neural networks, 9, 6, 1301 (1998).
- [ $\epsilon_3$ ] A. H. Gee, **problem solving with optimization networks**, Ph.D. Thesis, University of Cambridge, 1993.
- [ $\epsilon_4$ ] F. Luo and R. Unbehauen, **Applied neural networks for signal processing**, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 1997.
- [ $\epsilon_5$ ] X. Zeng, **Improving the performance of the Hopfield network for solving optimization problems**, Master Thesis, Brigham Young University, 1998.

## ١-١ مقدمة عامة:

### ١-١-١ مقدمة:

تتكون شبكة الاتصالات من مجموعة من العقد (مستويات أو مضيفات) مرتبطة مع بعضها البعض بواسطة موصلات الاتصال (موصلات إيثرنيت **Ethernet link** ، خطوط الهاتف **Telephone lines** ، الكيبل الضوئي **Optical cable** ، موصلات الأقمار الاصطناعية **Satellite link** ، ... الخ) [١] [٢] [٣].

إنّ هذه العقد تتصل فيما بينها بواسطة تبادل الرسائل ( البريد الإلكتروني **Electronic mail** ، الوصول إلى صفحات الويب **Web page accesses** ، رسائل التحميل **Message download** ، معاملات بروتوكول نقل الملف **File transfer protocol transactions** ، ... الخ). إنّ هذه الرسائل (التي تكون متغيرة الطول) تجزأ إلى عدد من الرزم قبل أن ترسل عبر الموصلات. ترسل المعلومات عبر الشبكة إلى العقد البعيدة بهيئة رزم. فعندما ترسل الرزمة من العقد المصدر إلى العقد الهدف فسوف تأخذ عدداً من القفزات (**Hops**) عبر العقد الوسطية ، وتعاقب العقد المبتدئ بالعقد المصدر إلى العقد الهدف يسمى بالمسار (**Route**) ، الذي تمر خلاله الرزمة من العقد المصدر إلى العقد الهدف .

## ٢-١-١ شبكات الاتصالات (Communication Networks):

تصنف شبكات الاتصالات على نوعين رئيسيين :

### أولاً: شبكات التمرير (Switching Networks) :

تتكون من عقد تمرير مرتبطة مع بعضها بواسطة موصلات نقطة – نقطة (**Point-to-Point Links**). ترسل العقد في شبكات التمرير الرزمة الواصلة لها طبقاً للمسار المحدد ، والغرض من التسيير هو اختيار المسار الأمثل خلال الشبكة وعملية نقل الرزمة فعلياً عبر المسار تدعى بالتمرير.

### ثانياً : شبكات النشر (Broadcasting Networks):

تستند على موصل وحيد ومشارك بين كل المضاييف فهي لا تتطلب تسييراً أو تمريراً ولكن يجب أن تحل عملية المنازعة على الموصل المشترك عن طريق ضبط الوصول إليه. تصنف شبكات تمرير البيانات طبقاً لستراتيجية التمرير المستخدمة على ما يأتي:

#### أ. شبكات تمرير الدارة (Circuit Switched Network):

وحجز المورد في العقد وعلى الموصلات قبل بدأ نقل البيانات حيث تتبع كل البيانات نفس

المسار. لا يوجد خزن للبيانات في العقد ، وتأخير النشر قابل للتنبؤ ويكون قصيراً [٢] [٣]

ب. شبكات تمرير الرزم (Packet Switched Network): وتقسّم على صنفين :

١- شبكات الداتا جرام (Datagram Networks): تدعى كل رزمة هنا بالداتا جرام . يتم معاملة كل رزمة (مقطع رسالة ) ويحطّط مسار بياناتها ككيان مستقل ، فالرزم قد تصل في ترتيب خاطئ عند المستلم وعند ذلك يعيد المستلم ترتيب الرزم باستخدام رقم الرزمة. إنّ الميزة الجيدة في هذا النوع من الشبكات ، هو إمكانية التأقلم بصورة جيدة للتغيرات المستمرة في بيئة الشبكة. ومن مساوئ هذا النوع من الشبكات هو عدم وجود ضمان لوصول الرزمة إلى العقدة الهدف زيادةً على ذلك أنّ عملية ضبط الازدحام تكون صعبة [ ١ ][ ٢ ][ ٣]. وإنّ طبيعة الانفجار في المرور في الشبكات الحاسوبية تفضل اسلوب الداتا جرام [ ٤].

٢- شبكات الدارة الخيالية (Virtual Circuit Network): يجب على المضيف المرسل في هذا النوع من الشبكات إرسال رزمة خاصة إلى المضيف المستلم تدعى رزمة طلب الاتصال لكي يتم تأسيس المسار ( هذا المسار المؤسس يتم بواسطة رزم سيطرة تسبق أي تبادل بياني ). إنّ الرزم التي تنتمي إلى نفس المحادثة تتبع نفس المسار وتصل بالترتيب وعندما تنتهي المحادثة يتخلص المرسل والمستلم من المسار بواسطة رزم سيطرة خاصة تدعى رزم إغلاق الخط. وإنّ هذا النوع من الشبكات اقل مرونة من شبكات الداتا جرام وذلك لوجود تحديدات على مجالها لغرض التسيير المتأقلم مع تغير الشروط في الشبكة. ولكنها يمكن ان تضمن نوعية خدمة جيدة ولا تحتاج إلى إعادة ترتيب الرزم [ ١ ][ ٢ ][ ٣] . ففي حالة عطل المسوّ فان كل الدارات الخيالية المارة خلال المسوّ ستهمل. عملية ضبط الازدحام تكون سهلة إذا توفرت ذاكرة كافية يمكن تخصيصها مستقبلاً للدارات الجدد.

### ١-١-٣ العنونة (Addressing):

هنالك ثلاثة أنواع أساسية من العنونة يتم على أساسها تسليم الرزم:

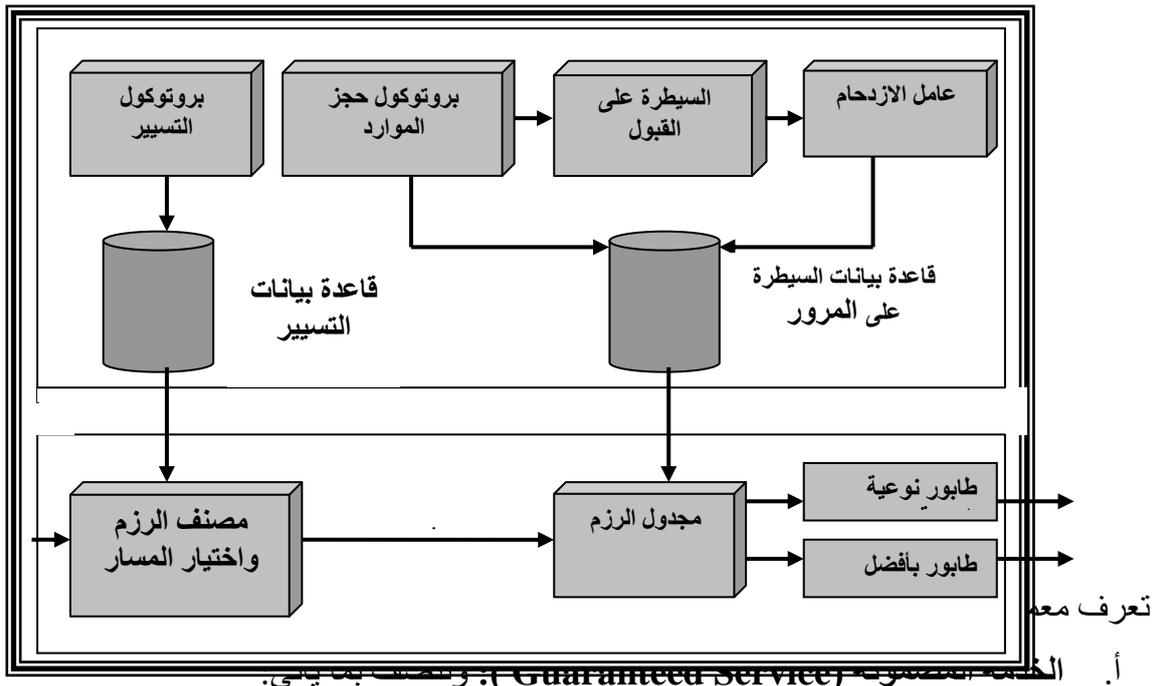
- ❖ العنونة وحيدة محطة الاستلام ( Unicast Addressing ): تمثل هيئة تسليم رزمة يخصص فيها لكل مسوّ عنوان وحيد ، وعندما ترسل الرزمة إلى عنوان وحيد فان نسخة واحدة فقط من الرزمة سوف تسلم إلى عنوان المسوّ الهدف. التسليم وحيد العنوان هو النوع الأكثر شيوعاً. بحثنا يركز على هذا النوع في عملية إجراء القرار على الرزمة، حيث يوجد لدينا عنوان هدف واحد ترسل له الرزمة خلال التسيير [ ٦ ][ ٧ ][ ٨ ][ ٥].
- ❖ العنونة متعددة محطات الاستلام ( Multicast Addressing ): هي هيئة تسليم رزم يخصص فيها لكل مسوّ اكثر من عنوان (عدة محطات مستلمة) وعندما يتم إرسال الرزمة

سوف ترسل عدة نسخ منها إلى جميع العناوين المخصصة للأهداف المستلمة [٦][٧][٨][٥].

❖ **العنونة المستندة على مجموعة معينة من محطات الاستلام ( Anycast Addressing )**: هيئة تسليم رزم تسلم فيها الرزمة إلى عضو في مجموعة من المستلمين المعينين (المرشحين). فالعنونة وحيدة محطة الاستلام هي حالة خاصة من العنونة المستندة على مجموعة معينة من محطات الاستلام ، وذلك لأنّ حجم مجموعة المستلمين فيها يكون واحد [٩][٥][٨][٧]. إن اختيار العضو من مجموعة المستلمين المرشحين يكون بالاستناد على اختيار العقدة الأقرب إلى العقدة الأصل أو يكون طبقاً إلى معيار تسيير معين [٦].

### ٤-١-١ معمارية الخدمات المتكاملة (Integrated Service Architecture):

الغرض من معمارية الخدمات المتكاملة ، دعم نوعية خدمة في الشبكات المستندة على بروتوكول الانترنت (Internet Protocol). يبين الشكل (١-١) معمارية الخدمات المتكاملة مع الوظائف الرئيسية فيها. ويمكن الحصول على تفاصيل الوظائف المبنية في الشكل في [٦][٥].



أ. الخدمة المضمونة (Guaranteed Service): وتنتصف بما يأتي:

- توفير مستوى سعة موثوق .
- هناك حد أعلى محدد لتأخير الطابور خلال الشبكة .
- لا يوجد فقدان في الطابور أي لا تفقد الرزم بسبب إمتلاء الطابور ، فالرزم تفقد بسبب الخفقان في الشبكة أو التغييرات في مسارات التسيير .

ب. الخدمة ذات الحمل المسيطر عليه (Controlled Load Service): وتنتصف بما يأتي:

- لا يوجد حد أعلى محدد للتأخير في الطابور خلال الشبكة .

- نسبة عالية من الرزم تسلم بنجاح .

ج. **الخدمة بأفضل جهد (Best Effort Service)** : يستند هذا النوع من الخدمة على أنّ مهمة الشبكة هي فعل أي شيء ممكن لتسليم كل رزمة واصلتها إلى أحد الشبكات المجاورة ( حسب مقياس أمثلية معين ) بدون أن تضمن تسليم الرزمة أو وقت التسليم [٦] [٨] [٥] . ويركز بحثنا على هذا النوع من الخدمات في هذه المعمارية.

## ١-١-٥ تقنيات الحل لمسائل الامثلية:

تتعلق الامثلية بترتيب مجموعة من متغيرات القرار المنفصلة ، وبصورة عامة بوجود عدد من القيود . فيمكن تصنيف تقنيات الحل لمسائل الامثلية في صنفين هما : الطرائق الرياضية التقليدية وطرائق الذكاء الاصطناعي. سوف نعطي مقدمة مختصرة عن الطرق الرياضية بالإضافة إلى أحد طرق الذكاء الاصطناعي \_ الشبكات العصبية لحل مسائل الامثلية.

تتضمن الطرائق الرياضية التقليدية تقنيات : البرمجة الخطية (**Linear programming**) ، تفرع - وقيد (**Branch and bound**) ، البرمجة الديناميكية (**Dynamic programming**) والمنقبات (**Heuristic**) ... الخ. وظفت الطرائق الرياضية بنجاح لحل عدد كبير من مسائل الامثلية . على كل حال ، مازال هناك عدة مشاكل مثلاً " مشكلة رحلة المقاتل (**Knight's tour problem**) و مشكلة N ملكة (**N-queen problem**) التي لا يمكن حلها بشكل ملائم باستخدام تقنية رياضية محضه. هذه المشاكل ممكن أن تحول (**mapped**) بسهولة على معمارية شبكة عصبية التي يمكن من خلالها أن نحصل على حل مقبول حتى عندما يكون حجم المشكلة كبير جداً [١٠].

وبما أنّ معدل البث سيكون عالياً جداً في شبكات الاتصالات مستقبلاً [١١] ، فيجب على خوارزميات التسيير أن تضمن جواباً سريعاً جداً . لذلك فالطرائق الرياضية التقليدية [١٢] قد تواجه تحديات قاسية ولهذا يجب توفر خوارزميات تسيير أسرع لكي تلبي هذه المتطلبات. إن تطبيق الشبكات العصبية لمسألة التسيير تستند إلى ميزات المتماثلة بقدرتها الإحتسابية الهائلة وسرعتها العالية جداً .

إن استخدام الشبكات العصبية لحل مسائل الامثلية [١٠] يعود إلى بحث هوبفيلد في بداية ١٩٨٠ . فبالرغم من إن شبكة هوبفيلد العصبية كانت قد اقترحت أصلاً لذاكرة تعنون بالمحتوى (**Content Addressable Memory**) ، فقد وجد هوبفيلد بأنها كفوءة جداً لحل مسائل الامثلية . وهذه الخاصية تم توضيحها في البداية من خلال حل مسألة البائع الجوال (**Salesman Problem**) عام ١٩٨٥ . منذ ذلك الوقت استمر الجدل الساخن حول قابلية وكفاءة شبكة هوبفيلد لوقت طويل . وبالرغم من ذلك فقد استخدمت شبكة هوبفيلد بنجاح لحل العديد من المسائل وفي مجالات متنوعة . تستند شبكة هوبفيلد العصبية بالأساس إلى دالة طاقة تناقصية فخلال انتقالات حالة الشبكة ، تتناقص دالة الطاقة المرتبطة مع

•

هذه الشبكة تدريجياً . وعندما تصبح الشبكة في الحالة المستقرة النهائية فإنّ دالة الطاقة ستصل إلى الحد الأدنى ، وهو ما يقابل الحل المحدد. وللتأكد من أنّ مسألة الأمثلية يمكن

## ٢-١ التسيير في شبكات الاتصالات :

إن المعلومات المرسله عبر شبكة الاتصالات من مسوّ (أو مضيف ) إلى آخر تكون بهيئة رزم بيانية ، ويشار إلى عملية إرسال الرزم من المصدر إلى الهدف بتسيير الرزم ، التي تُعدّ عاملاً مهماً ولها تأثير كبير على أداء الشبكة [ ٣ ] [ ٢٢ ]. إنّ الهدف الرئيسي من عملية التسيير هو إيجاد مسار امثل أو مسار جيد لإرسال البيانات بحيث يلبي طلب المستخدم في الخدمة السريعة [ ٥ ] [ ٢٢ ]. تتكون وظيفة التسيير من ثلاث مهام أساسية [ ١٠ ] : توزيع وجمع معلومات احدث حالة للشبكة ، اختيار المسار الأمثل طبقاً لمعلومات الحالة ودالة الكلفة المعرفة مسبقاً ، وتوجيه الرزمة إلى الهدف . تقطع الرسائل في شبكات تمرير الداتاجرام إلى رزم ترسل خلال الشبكة باستخدام مبدأ اخزن ثم إرسل ( **store and Forward** ). في حين تصنع عملية اختيار القفزة التالية نحو الهدف في شبكة تمرير الداتاجرام اعتماداً على قاعدة قرار معروفة تدعى سياسة التسيير (**Routing policy** ). وتشير خوارزميات التسيير (**Routing Algorithm** ) إلى بروتوكول طبقة الشبكة (**Network Layer** ) الذي يوجه الرزم خلال شبكة الاتصالات إلى محطة الاستلام [ ٤ ] ، فكل عقدة في الشبكة تحتاج إلى إجراء عملية قرار لتسيير الرزمة الواصلة [ ٢٣ ] ، وهذه القرارات قد تستند إلى جداول تسيير (**Routing Table**) ثابتة موجودة ضمن كل عقدة ، أو جداول يتم تحديثها بالاستناد إلى التغيرات الحاصلة في الشبكة. فتحديث الجدول يتطلب تنفيذ بروتوكول تسيير للتأكد من أنّ جداول التسيير تعكس وبدقة التغيرات الحاصلة في الشبكة. إنّ وجود الازدحام (**congestion**) في شبكة الاتصالات يعني [ ٣ ] إنّ الحمل يكون ( مؤقتاً ) اكبر من الموارد المستخدمة في معالجته. يوجد حلان لهذه المشكلة هما : إما زيادة الموارد ، وإما تقليل الحمل في الشبكة. تساعد خوارزميات التسيير على تجنب الازدحام بوساطة نشر حركة المرور على كل الخطوط وليس فقط على الخط المزدهم. التسيير وضبط الازدحام (**congestion Control**) [ ٢٤ ] هما مشكلتان مترابطتان .

أصبحت عملية دمج تقنيات التسيير وضبط الازدحام عملية مهمة من اجل ضمان متطلبات نوعية الخدمة في التطبيقات. فمن مساوي بروتوكول الانترنت الموجود هو أنّ احتسابه للمسار وآلية إرسال الرزمة تكون متكاملة بشكل ضعيف مع آلية ضبط الازدحام. وبصورة اكثر تحديداً هو إن التسيير في الانترنت يستند إلى خوارزميات التسيير وحيدة المسار ولهذا فان بروتوكول التسيير المستند إلى التسيير وحيد المسار يكون غير ملائم بشكل كامل لكي يتوافق مع الازدحام لان الشيء الوحيد الذي يعمل هذا البروتوكول لكي يستجيب للازدحام هو تغيير المسار المستخدم للوصول إلى محطة الاستلام وهذا سوف يقود إلى سلوك متذبذب غير مستقر. فهناك عدة مسارات بين كل زوج من العقد وكلها متساوية الجودة. إنّ افضل أداء يمكن إنجازه هو نشر حركة المرور على عدة مسارات لتقليل الحمل على كل من هذه الموصلات. إنّ نظامنا المقترح يأخذ بنظر الاعتبار الحمل في العقد المجاورة أثناء عملية إجراء القرار على الرزمة الواصلة من اجل تسييرها إلى العقدة التالية نحو الهدف. وبهذا فإنّ قرار التسيير لا يأخذ بنظر

الاعتبار فقط المسار الأقصر نحو الهدف للرزمة الواصلة وإنما يأخذ الحمل في العقد المجاورة ، فالعقدة ذات الحمل العالي لا يتم الإرسال من خلالها حتى إذا كانت اقرب نحو الهدف وإنما يتم الإرسال عن طريق العقدة ذات الحمل الأقل وبهذا فإن هذه العملية ساهمت بموازنة الحمل على الشبكة وقللت من الازدحام بشكل جيد.

### ٣-١ المعايير المستخدمة في التسيير :

تستخدم خوارزمية التسيير معايير مختلفة لتحديد المسار الأفضل. فيمكن لخوارزمية التسيير المعقدة أن تختار المسار بالاستناد إلى عدة معايير (metrics) بحيث تقوم بدمجها في معيار ( هجين ) وحيد. ومن بين هذه المعايير المستخدمة [٣] [٢٥] :

- **طول المسار** : تسمح بعض بروتوكولات الشبكة لمدير الشبكة (Network Manager) أن يخصص بصورة عشوائية كلفة لكل موصل في الشبكة ، وبهذه الحالة فإن طول المسار يمثل مجموع الكلف المرتبطة مع كل موصل يمر خلاله المسار. تعرف بروتوكولات تسيير أخرى عدد القفزات التي تقوم بها الرزمة وذلك لأنّ تقليل عدد القفزات يميل إلى تحسين التأخير ويقلل كمية عرض حزمة النطاق ( Bandwidth ) المستخدمة وهذا يؤدي إلى تحسين الإنتاجية (throughput).
- **طول الطابور** : ويمثل عدد الرزم في طوابير العقد المجاورة وهو مقياس للحمل داخل عقد الشبكة. حيث إنّ الحمل يشير إلى درجة انشغال موارد الشبكة كالمسوّ.
- **عرض حزمة النطاق**: وتمثل سعة المرور المتوفرة على الموصل.
- **تأخير التسيير** : ويشير إلى طول الوقت المطلوب لتحريك الرزمة من المصدر إلى الهدف خلال شبكة الاتصالات. فهو يعتمد على عدة عوامل وتتضمن عرض حزمة نطاق موصلات الشبكات الوسطية ، طوابير المنافذ (port Queues) في كل مسوّ على طول الطريق ، ازدحام الشبكة على كل موصلات الشبكات الوسطية ، والمسافة الفيزيائية المطلوب اجتيازها .
- **كلفة الاتصالات** : لاهتم بعض الشركات بالأداء أكثر من اهتمامها بمصاريف العمل لذلك سنترسل رزمتها عن طريق خطوط اقل كلفة حتى إذا كان ذلك على حساب التأخير.
- **الاعتمادية (Reliability)**: هي تعبير عن نسبة الخطأ على المسار ، فهي تشير الى احتمالية وصول الرزمة المرسلة عبر ذلك المسار الى محطة هدفها.

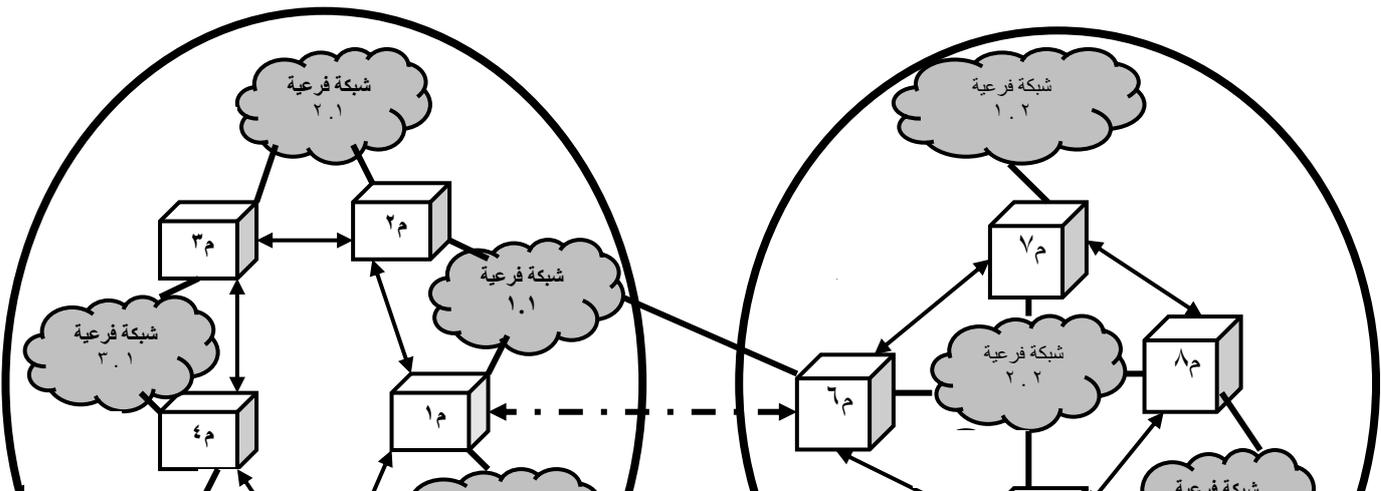
## ٤-١ متطلبات بروتوكول التسيير :

يجب على بروتوكول التسيير أن يلبي عدة متطلبات منها [٢٢] :

- **تقليل فضاء جدول التسيير** : يجب أن يكون جدول التسيير صغيراً بقدر ما يمكن ، لكي يصبح بالإمكان بناء مسوٍ رخيص مع ذاكرة اصغر مما يعطي سهوله في بحثها ، فيجب على المسوّات أن تتبادل جداول التسيير وبصورة دورية وذلك لكي تتأكد من أنّها تمتلك نظرة متكاملة حول طوبولوجية الشبكة. فكلما كانت جداول التسيير اكبر ، كان العبء في تبادل جداول التسيير اكبر .
- **تقليل رسائل الضبط** : يتطلب بروتوكول التسيير تبادل رسائل ضبط (**control Message**) وهذا يمثل عبئاً على عمل النظام لذلك يجب تقليلها.
- **القوة (Robustness)** : الشيء الأسوأ الذي يمكن أن يقوم به المسوّ هو عدم إرسال الرزمة إلى محطة هدفها. فالأخطاء في المسوّات تؤدي إلى دوارات أو تذبذبات في الشبكة. فالتذبذبات والدوارات وعدم إرسال الرزم نادر الحدوث تحت الشروط الاعتيادية ، ولكنها تحدث عندما يحصل إفساد في جداول التسيير أو يحدد المستخدمون معلومات غير صحيحة أو يحطم الموصل أو يتم إفساد رزم ضبط التسيير. فبروتوكول التسيير القوي يجب أن يحمي نفسه من هذه الأنواع من المشاكل وذلك من خلال التنفيذ الدوري لاختبارات التطابق والاستخدام الصحيح لشفرة اكتشاف الخطأ (**Error check code**) وأرقام التسلسل.
- **استخدام المسارات المثلى** : يجب على الرزمة أن تتبع المسار الأمثل من المصدر إلى الهدف. فالمسار الأفضل ربما لا يكون بالضرورة المسار الأقصر فهو قد يكون المسار الأقل تأخيراً أو المسار الأكثر أمناً أو الأقل كلفة نقدية أو الذي يوازن الحمل عبر المسارات المتوفرة. فالمسوّات على طول المسار يجب أن تشترك في التأكد من أنّ الرزم تستخدم المسار الأمثل لتعظيم أداء الشبكة الإجمالي.

## ٥-١ نظرة إلى مسالة التسيير:

اعتماداً على طوبولوجية الشبكة ، يوجد في شبكات تمرير الرزم الداتاجرام العديد من المسارات بين العقدة المرسله والعقدة المستلمة كما موضح في الشكل (٢-١) .



المطلوب هو أن يقرر على أي من هذه المسارات ترسل الرزمة لكي يقلل تأخير الرزمة خلال شبكة الاتصالات. وبصورة عامة يتكون تأخير النشر ( **propagation Delay** ) من :تأخير الموصل ( **Link Delay** ) وتأخير الطابور ( **queuing Delay** ). يعتمد تأخير الموصل على عدد العقد على طول المسار من العقدة الأصل إلى العقدة الهدف ، في حين أنّ تأخير الطابور هو مقياس لطول الطابور على طول المسار من العقدة الأصل إلى العقدة الهدف. ولأجراء عملية القرار يجب على الشبكة أن تستخدم خوارزمية تسيير تقوم بإجراء عملية القرار باختيار افضل مسار طبقاً لمعيار معين. يمكن حل العديد من مشاكل التسيير العملية والنظرية باستخدام خوارزمية المسار الأقصر التي تقلل تأخير الموصل. أفترض في هذه الحالة أنّ تأخير الطابور مهمل. في الشكل ( ١-٢ )، أفترض إرسال الرزمة من المسوّ م ١ إلى الشبكة الفرعية الهدف ٢.١ مفترضاً نفس الكلفة لكل موصل في الشبكة ، إذن سيكون المسار الأقصر من المسوّ م ١ إلى الشبكة الفرعية الهدف ٢.١ هو المسار < م١، م٢ > .

لقد افترضنا في المناقشة السابقة أنّ تأخير الطابور مهمل لكنّ تأخير الطابور في معظم الشبكات الفعلية يكون أهم من تأخير الموصل. الآن نفرض أنّ طول الطابور لكل من العقد م٢، م٥، م٤ ، م٣ هو ١٢، ٢، ٢، ٣ على التوالي ، ففي هذه الحالة سيكون المسار الأمثل < م١، م٥، م٤ ، م٣ > حتى إذا مرت الرزمة خلال عدد اكبر من العقد. وبعبارة أخرى فإنّ ضبط الازدحام يكون باختيار المسار الذي يقلل معدل طول الطابور في الشبكة لتجنب الازدحام. ولكن بنفس الوقت يجب أن لا تهمل المسافة المتبقية أو نعطيها قدرأ اقل من الأهمية لأن ذلك قد يؤدي إلى مشاكل الدوارة غير المنتهية التي تؤدي إلى فقدان الرزمة. من خلال هذه الدراسة ، يجب أن نأخذ بالاعتبار السعة الحرة المتوافرة ( **Available Free Buffer** ) والمسافة المتبقية ( **Remaining Distance** ) وعمل موازنة بينهما لكي تحقق هدف ضبط الازدحام وعدم عودة الرزمة إلى الوراء مسببة فقدان الرزمة.

## ٦-١ التسيير المستند على نوع الخدمة ( Type of Service Routing ) :

تعرض معمارية الخدمات المتكاملة المنفذة داخل المسوّ خدمات متنوعة مثل الخدمة بأفضل جهد والخدمة المضمونة. تفرض الخدمة المضمونة حدوداً على الأداء في حين توفر الخدمة بأفضل جهد خدمة بأفضل نوعية بدون وجود ضمان لهذه الخدمة [ ٦ ]. يمكن لصنف الخدمة بأفضل جهد أن توفر أنواعاً مختلفة من الخدمات بأفضل جهد لكي تلاقي متطلبات مختلفة ضمن مفهوم نوع الخدمة ، مثل تقليل التأخير أو زيادة الإنتاجية أو زيادة الاعتمادية أو تقليل الكلفة المالية ... الخ. وبهذا فإن بروتوكول التسيير في الشبكة يجب أن يكون قادراً على تحديد المسار المناسب لكل نوع خدمة الذي يُدعى التسيير ذو القفزة التالية المستند إلى نوع الخدمة. إن هذا النوع من التسيير يعمل على النحو الآتي [ ٢٦ ] :

تحتفظ كل عقدة لكل محطة استلام ونوع خدمة بعنوان العقدة الجار التي يشار لها بالقفزة التالية. تحتفظ كل صديرة رزمة بيانات (Data Packet Header) بعنوان محطة الاستلام ونوع الخدمة المطلوبة للتطبيق. وعندما تستقبل العقدة الرزمة البياناتية فسوف ترسلها إلى القفزة التالية باتجاه محطة استلام الرزمة وبالاستناد على نوع الخدمة. فهدف بروتوكول التسيير هو اختيار القفزة التالية لكي يلبي المسار الناتج نوع الخدمة المطلوب. وبذلك فإن كل مسوّ سيحتوي على جداول تسيير بعدد أنواع الخدمة التي يوفرها والتي تتضمن المعلومات المستخدمة لغرض التسيير بحسب نوع الخدمة ، وتتغير ديناميكياً مع التغير في ظروف الشبكة [ ٥ ].

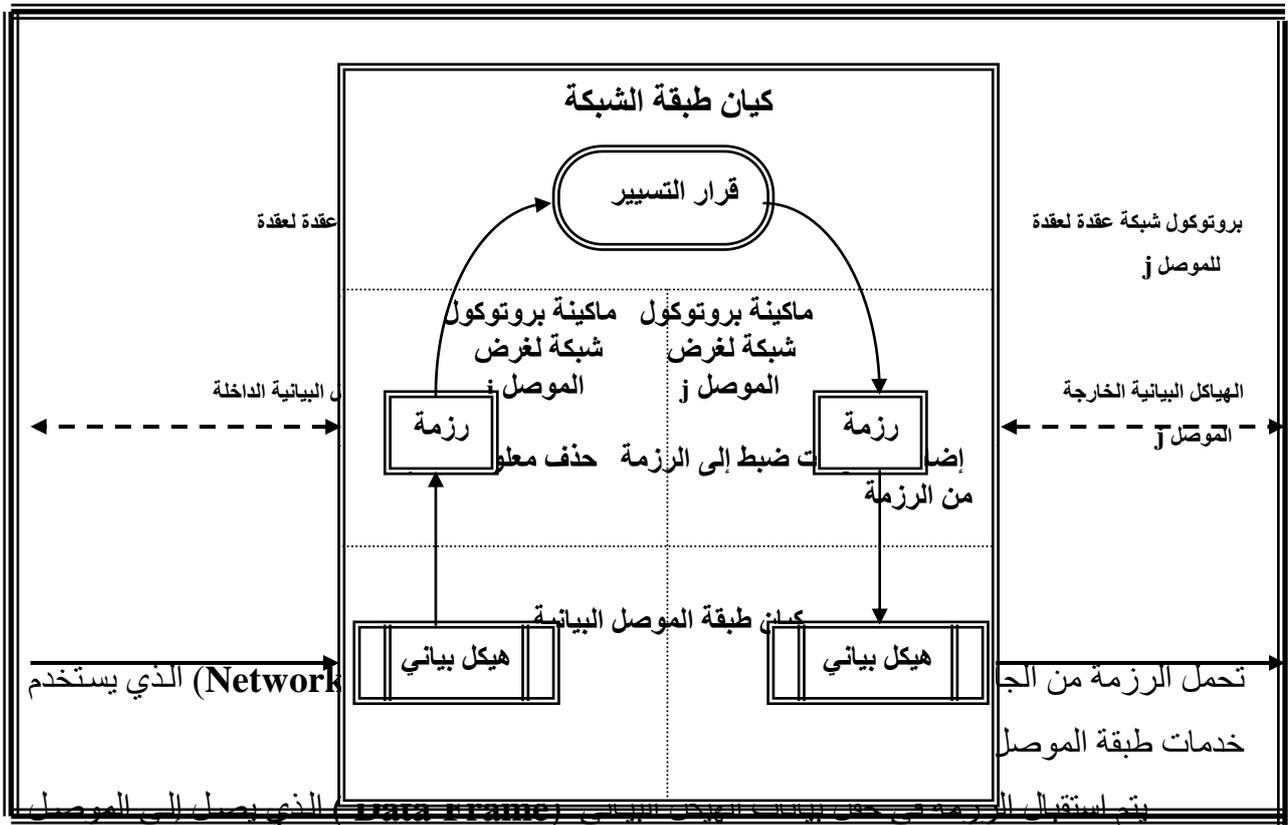
## ٧-١ النموذج الوظيفي لعقدة تمرير الرزم :

يشير مصطلح العقدة إلى مسوّ أو حاسوب مربوط إلى الشبكة ، أما الرزمة فتعرف على إنها الوحدة المنطقية الأساسية المرسله عبر شبكة الحواسيب فكل رزمة تتضمن صديرة يعرف فيها عنوان المرسل والمستلم والبيانات المطلوب تسليمها . ويعرف المسوّ على أنه آلية طبقة الشبكة ، إما أن تكون مادية وإما أن تكون برمجية ، فهو حاسوب مربوط بين شبكتين أو أكثر ويقوم بمهمة إرسال الرزم طبقاً للمعلومات الموجودة في جدول التسيير . ويعرف جدول التسيير على أنه جدول يستخدم بوساطة برامجات التسيير لتحديد القفزة التالية للرزمة. جدول التسيير يحفظ داخل ذاكرة المسوّ [ ٨ ] [ ٢٧ ] [ ٦ ] . يقوم المسوّ بوظيفتين رئيسيتين [ ٢٨ ] هما : أ ) تحديد عنوان المسوّ التالي الذي سترسل له الرزمة. ب ) إرسال رزمة إلى العنوان الصحيح ويدعى بتمرير الرزمة. وكل منهما يجب أن يُجز بسرعة عالية جداً. فعندما تصل الرزمة إلى المسوّ فإنه يجب أن يقرأ العنوان الموجود في صديرة الرزمة والخاص بالعقدة الهدف المطلوب إرسال الرزمة إليها ، وبعد تحديد عنوان الهدف يتم إجراء قرار لإرسال الرزمة إلى العقدة التالية لكي تصل هدفها بكفاءة. الوسيلة التي يتم بوساطتها هذا القرار تدعى بعملية التسيير. أما النقل الفعلي للرزمة إلى عقدة الهدف فيتم بوساطة التمرير ويتضمن النقل الفيزيائي للبتات المحمولة داخل الرزمة [ ٢٩ ] ، [ ٢ ] . يبين الشكل (١-٣) النموذج الوظيفي لعقدة تمرير الرزم .

تخزن الوحدات الداخلة وتختبر بوساطة  
المسّير ثم  
يتم اختيار أفضل موصل إخراج ومن ثم  
يتم

### شكل (٣-١): النموذج الوظيفي لعقدة تمرير الرزم

يتطلب وجود بروتوكول شبكي بين كل زوج من العقد المتجاورة وبين كل مضيف وعقدته المحلية. يبين الشكل (٤-١) التسيير داخل عقدة الشبكة .



### شكل (٤-١): التسيير في ممر الرزم

(Protocol) فهي تمر على وحدة التسيير في كيان طبقة الشبكة (Network Layer entity) التي تعمل قرار على أي من الموصلات البيانية (الموصل z) يجب إرسال الرزمة. أصبحت الرزمة الآن مسؤولة ماكينة بروتوكول شبكة آخر الذي يعالجها في بروتوكول شبكة عقدة لعقدة عبر الموصل الخارج

## ٨-١ خوارزميات التسيير (Routing Algorithm) [٣] [٢٤] :

هي جزء من برامج طبقة الشبكة والمسؤولة عن عملية إجراء قرار على الرزمة القادمة من

جدل إرسالها إلى المسوّ التالي باتجاه محطة الاستلام. إذا كانت الشبكة تستخدم داتا جرام (datagram) فيجب على هذه الخوارزمية عمل هذا القرار من جديد لكل رزمة بيانية واصلة وذلك لأنّ المسار الأمثل قد يتغير من وقت إلى آخر وإذا كانت الشبكة دارّات خيالية (virtual Circuit) فتعمل قرارات التسيير فقط عند تأسيس الدارة الخيالية. وبعد ذلك فان الرزم البيانية سوف تُنقل على المسار المؤسس مسبقاً. تنجز خوارزميات التسيير وظيفتين أساسيتين هما :

احدهما: اختيار مسارات لازواج مصدر- هدف متنوعة ( احتساب المسار ) ، والأخرى تسليم الرسائل إلى أهدافها الصحيحة حالما يتم اختيار المسارات ( إرسال الرزمة ). وهنا سوف نركز على وظيفة احتساب المسار لخوارزمية التسيير وتصميم الآليات لاحتساب المسارات في كل مسوّ. وهناك بعض الخصائص المرغوبة في خوارزميات التسيير ومن هذه الخصائص :

• البساطة : تفضل الخوارزميات البسيطة لغرض التنفيذ السهل والكفاءة العالية لها في الشبكات الفعلية.

• التأقلم : الخوارزمية يجب أن تكون قادرة على تعديل قرارات التسيير عندما تتغير شروط المرور أو عندما يكون هناك عطل في أحد الموارد. تراقب الخوارزمية الشبكة بصورة ثابتة وتحديث معلومات التسيير.

• إستقرارية قرارات التسيير : يجب على خوارزميات التسيير أن تتأقلم و بصورة مرنة للتغيرات في شروط الشبكة ، بحيث يحدث التغير الصغير في شروط الشبكة تغييراً صغيراً في قرارات التسيير.

• عدالة تخصيص الموارد : يجب أن ينتج عن انسياب البيانات بنفس الخصائص إنتاجية وتأخير رزم متشابه.

• أمثلية وقت رحيل الرزمة : يجب على خوارزمية التسيير أن تعظم دالة الهدف لمصمم الشبكة ، على حين أن تلبّي فيود التصميم.

• الحرية من الدورات : يجب خلو المسارات المتكونة اعتماداً على جداول التسيير من الدورات. فيجب زيارة كل مسوّ في المسار من المصدر إلى الهدف مرة واحدة فقط .

• خصائص التقارب : يجب أن لا يكون الوقت المطلوب للتقارب بعد تغير الطوبولوجية عالي. إنّ ذلك مطلوب لكي يتم الاحتفاظ بمعلومات حالة الشبكة بأحدث ما يمكن .

• كفاءة الذاكرة و المعالجة : يجب أن تكون الموارد المستخدمة داخل كل مسوّ قليلة. يأتى وقت الاحتساب الذي ينجز في العقدة على وقت التقارب لخوارزمية التسيير.

- **المرونة** : يجب أن تكون خوارزميات التسيير مرنة وهذا يعني أنها يجب أن تتأقلم بسرعة وبدقة لظروف الشبكة المتنوعة. فمن الممكن برمجة خوارزميات التسيير على أن تتأقلم للتغيرات في عرض حزمة نطاق الشبكة ، حجم طابور المسوّ وتأخير الشبكة.

## ٩-١ استراتيجيات التسيير في شبكات الاتصالات :

يجب أن يكون التسيير في شبكات الحواسيب موزع ومتأقلم ، وبصورة خاصة في شبكات الاتصالات الكبيرة. فيمكن تصنيف استراتيجيات التسيير في شبكات الاتصالات كما يأتي:

### أ) التسيير الثابت (static routing) [٢٧] :

الرزمة في هذا النوع غير قادرة على الاختيار الديناميكي لمساراتها ، فهناك مسار ثابت ووحيد يتم تشكيله لكل زوج مرسل-مستلم من العقد في الشبكة. فالمسارات تكون ثابتة ، تتغير فقط عندما يكون هناك تغيير في طوبولوجية الشبكة.

#### الفوائد :

- لا يوجد عبء على معالج المسوّ.
- لا يوجد استخدام لعرض حزمة النطاق بين المسوّات.
- الأمانة ( وذلك لأنه فقط مدير الشبكة يسمح بالتسيير لشبكات معينة ).
- بساطته وسهولة تنفيذه.

#### المساوئ:

- لا يأخذ بنظر الاعتبار الحمل في العقد على طول المسار ، فإذا كان هناك عدد كبير من طوابير الرزم في العقد على المسار الذي تم اختياره بوساطة السيطرة الثابتة ، فإنه سوف يسبب تأخيراً خطيراً في الإرسال ومن الممكن أن يؤدي ذلك إلى فقدان الرزمة.
- يجب على مدير الشبكة أن يكون له علم كامل بالشبكات المرتبطة وكيفية ارتباط كل مسوّ حتى يكون قادراً على تشكيل المسار الصحيح.
- إذا أضيفت شبكة إلى الشبكات المرتبطة فيجب على مدير الشبكة أن يضيف مسار للشبكة على كل مسوّ.
- غير مقبولة في الشبكات الكبيرة وذلك لأنها ستكون **Full-Time Job**.
- غير ملائمة في حالة حدوث الإخفاق والحمل العالي في الشبكة.

### ب) التسيير المتأقلم (Adaptive Routing) [٥] :

إن الرزمة في هذا النوع قادرة على الاختيار الديناميكي لمسارها ، فهي تتأقلم للظروف الحالية في الشبكة. فالمسارات المستخدمة لغرض إرسال الرزم قد تتغير. أما الشروط الأساسية التي تؤثر على قرارات التسيير فهي كما يأتي:

- ❖ الإخفاق : عندما يخفق المسوّ أو الشبكة ، يستبعد استخدامه ضمن المسار.
- ❖ عندما يكون جزء معين من الشبكة مزدحماً جداً ، فمن المرغوب أن ترسل الرزمة إلى منطقة غير مزدحمة.

### مساوئ استخدام التسيير المتأقلم :

- ❖ تكون قرارات التسيير أكثر تعقيداً ، لذلك سيزداد عبء المعالجة على المسوّ.
- ❖ تعتمد استراتيجيات التسيير في اغلب الحالات على معلومات الحالة التي يتم جمعها في أحد الأماكن ولكن يتم استخدامها في مكان آخر. هناك موازنة بين نوعية المعلومات وكمية العبء. فتبادل المعلومات الأكثر ، وتبادل التحديثات الأكثر يؤدي إلى صنع قرارات تسيير افضل في كل عقدة ولكن من ناحية أخرى تمثل هذه المعلومات حمل على منظم الشبكة مسبباً انخفاض الأداء.
- ❖ قد تتفاعل استراتيجيات التأقلم مع تغيرات الحالة بسرعة مسببة تذبذبات ازدحامية أو ببطء يجعلها غير مناسبة.
- ❖ يمكن أن تسبب استراتيجيات التأقلم الخفقان (Failure) (الذي يشير إلى التذبذب السريع في التسيير ويمكن أن يتسبب بوساطة محاولة المسوّ أن يوزع الحمل أو يوازنه) والدورات (Loops).

### محاسن التسيير المتأقلم :

- ❖ له القابلية على تغيير المسار بالتوافق مع شروط الحمل في عقدة معينة من شبكة الاتصالات ، فيغير اختيار المسار حتى في مرحلة نصف الطريق لإرسال الرزمة. وبذلك فإن الرزمة يمكن أن تجد مساراً مقبولاً ، وإن تأخير أو فقدان الرزمة يختزل بصورة كبيرة في عملية الإرسال الإجمالية ، لذلك فهو يقدم درجة من المرونة في عملية التسيير في الشبكة.
- ❖ يمكن لإستراتيجية التسيير أن تحسن الأداء بما يراه مستخدم الشبكة.
- ❖ تساعد إستراتيجية التسيير المتأقلم في ضبط الازدحام.

### ج) ضبط الشبكة (Network Control): يمكن أن يصنف على نحو ما يأتي:

- ١- ضبط مركزي للشبكة (Centralized Network Control) [ ٢٢ ] [ ١٠ ] [ ٣٠ ] [ ٢٣ ] : تعالج الوحدة المركزية كل مهام الشبكة ، فكل الرزم في الشبكة يجب أن يتم إدارتها في الوحدة المركزية. وإن هذا الصنف يكون ملائماً عندما يراد إدارة الشبكة مركزياً على أن تكون غير كبيرة كما في شبكة الهاتف (telephone network).

### المحاسن :

- عملية احتساب التسيير ابسط مما في الضبط الموزع.
- العقدة المركزية مسؤولة عن تحمل عبء حساب المسارات.
- ممكن أن تتجنب الدورات عند احتساب المسارات.
- من الممكن الحصول على مسار امثل.

#### المساوي:

- بما أن الوحدة المركزية مسؤولة عن عملية الإدارة بشكل كامل ، فهذا يؤدي إلى أنها سوف تحتاج إلى قابلية احتساب وسعة بيانات هائلة خاصة في الشبكات الكبيرة.
- تكون سريعة التأثير بأي عطل في الشبكة وبذلك تكون ذات اعتمادية واطئة.
- هناك حاجة إلى تخصيص موارد شبكة كبيرة للاحتفاظ بمعلومات حالة الشبكة.
- ستكون متطلبات الخزن لجداول التسيير كبيرة مع تأخير كبير في تحديث جداول الشبكة ، ولاسيما عندما تكون الشبكة كبيرة.

٢- **ضبط موزع للشبكة (Distributed Network Control)** [ ٢٢ ] [ ١٠ ] [ ٣٠ ] [ ٢٣ ] : تكون مهام التسيير موزعة على كل العقد في شبكة الاتصالات وبهذا فان كل عقدة من العقد سوف تكون مسؤولة عن عملية إجراء قرار على الرزمة الواصلة لها من اجل إرسالها إلى العقدة التالية. فإسلوب التسيير هنا يستند إلى معلومات محلية من العقد المجاورة وحالة موصلات الجيران لاحتساب قواعد التسيير. وهذا سوف يقلل العبء المتعلق بالتحديث في العقد عندما تتغير معلومات الطوبولوجية وإنَّ العقد ستكون قادرة على الاستجابة وبسرعة للتغيرات المحلية. وبما إنَّ العبء المتعلق بتحديث معلومات الطوبولوجية يكون قليلاً وذلك لأنَّ العقد تتبادل المعلومات فقط مع الجيران ، فإنَّ هذا النوع من التسيير ملائم للشبكات الكبيرة مع طوبولوجيات ديناميكية. بالإضافة إلى ذلك ، كل عقدة في الشبكة تتطلب قدرة احتسابية واطئة ، وأي عطل في أحد أنظمة التسيير لا يسبب توقف الشبكة وسوف تستمر بالعمل ، أي أنَّها اكثر قوة ضد إعطال الشبكة. وبما أنَّها تتطلب فقط معلومات محلية فإنَّ قرارات التسيير المحلية قد لا تكون مثلى عالمياً ولكنها مقبولة.

#### د ) مسؤولية صنع قرارات التسيير [ ٣١ ] [ ٢٢ ] [ ٢ ] :

هناك طريقتان لتوزيع المسؤولية بين العقد المختلفة :

**الطريقة الأولى:** تحتسب فيها العقدة المصدر المسار الأمثل الذي تسلكه الرزمة للوصول إلى محطة إستلامها النهائية وإحقاق هذا المسار المحسوب إلى الرزمة قبل عملية إرسالها. فكل عقدة وسطية تستلم هذه الرزمة تستنتج من المسار المحسوب إلى أي من العقد المجاورة يجب أن ترسل هذه الرزمة. وهذه الطريقة تدعى بالتسيير المستند إلى العقدة المصدر ( **Source Routing** ) ، و يفترض أن كل عقدة (

مصدر ) تمتلك معلومات كاملة عن طوبولوجيات الشبكة. هذه الافتراضية غير مفيدة لأن المعلومات حول طوبولوجية الشبكة وحدها غير كافية.

ولصنع قرار تسيير مثالي يجب معرفة أطوال الطوابير في كل العقد في الشبكة ، كذلك في الشبكة المتغيرة ديناميكياً قد تتعطل بعض الموصلات أو العقد على طول المسار ، وفي هذه الحالة فإن الرزمة المرسله من المصدر سوف لاتصل إلى محطة استلامها. فكل رزمة تحمل كمية كبيرة من معلومات التسيير ( مسارها الكامل ) الذي يخلق عبئاً هاماً ، ونتيجةً لذلك فإنّ هذا الاسلوب غير مفيد للتسيير المتأقلم في الشبكات المتغيرة ديناميكياً.

**الطريقة الأخرى :** تصنع العقد الوسطية قرارات التسيير المحلية حالما تستلم العقدة الرزمة المرسله إلى محطة استلام معينة فإنها تقرر إلى أي من العقد المجاورة سترسل هذه الرزمة لكي تصل محطة استلامها بأسرع ما يمكن. عنوان محطة الاستلام هي معلومات التسيير الوحيدة التي تحمل بوساطة الرزمة. ويعتمد المسار الإجمالي على قرارات كل العقد الوسطية ، فكل عقدة في الشبكة تحتاج أن تمتلك :

- لكل من جيرانها يجب أن تخمن كم المسافة ( بالقفزات ) التي تأخذها الرزمة لكي تصل محطة استلامها عندما ترسل عن طريق هذا الجار.
- آلية لاستخدام هذه المعلومات لصنع قرارات التسيير.
- وسيلة لتحديث معلومات التسيير لكي تتغير مع التغير الحاصل في حالة الشبكة.
- آلية لنشر هذه المعلومات إلى العقد الأخرى في الشبكة.

في الطريقة الأخيرة تشترك كل العقد بمسؤولية صنع قرارات التسيير المحلية ، وتدعى هذه الطريقة بالتسيير قفزة \_ قفزة ( **hop-by-Hop Routing** ). فالتسيير على الانترنت ومعظم الشبكات المستندة إلى **OSI (Open System Interconnection)** تستخدم الطريقة الثانية.

## ١٠-١ بروتوكولات التسيير في شبكات الحواسيب [ ٢ ] [ ٧ ] [ ٥ ] [ ٢٢ ] :

قاد الاتساع في شبكات الحواسيب إلى تقسيم شبكة الاتصالات الواسعة إلى مجموعة من الأنظمة الذاتية (**Autonomous System**). فكل نظام ذاتي يتكون من مجموعة من المسوّات والشبكات التي تتبادل المعلومات عن طريق بروتوكول تسيير عام وتدار بوساطة منظمة وحيدة ، كما في الشكل ( ٢-١ ). ويشار إلى بروتوكول التسيير العام ببروتوكول التسيير الداخلي ( **Interior Routing Protocol** ) الذي يمرر معلومات التسيير بين المسوّات ضمن النظام الذاتي . فالبروتوكول المستخدم ضمن النظام الذاتي مسؤول عن عملية صنع القرار فقط داخل النظام الذاتي . يقسم بروتوكول التسيير الداخلي كل نظام ذاتي إلى مناطق تدرجية ويستخدم نفس هذا البروتوكول في إرسال الرزم ضمن وبين هذه المناطق. أما البروتوكول المستخدم لتمرير معلومات التسيير بين المسوّات في أنظمة ذاتية مختلفة فيشار له ببروتوكول التسيير الخارجي (**Exterior Routing Protocol**). وهذا التقسيم يقود إلى

اختزال حجم جدول التسيير داخل المسوّات في شبكة الاتصالات الواسعة ويعطي سهولة في إدارة الشبكة الواسعة. ففي شبكة الانترنت على سبيل المثال ، هناك ثلاث مستويات للتسيير حيث يتم السماح لكل مستوى باستخدام بروتوكولات تسيير مختلفة. يدعى المستوى الأعلى بالعمود الفقري للانترنت (**Internet Backbone**) الذي يربط العديد من الأنظمة الذاتية ، والتسيير بين الأنظمة الذاتية يستخدم بروتوكول تسيير خارجي. أما المستوى التالي فيمثل عملية التسيير داخل النظام الذاتي ويكون بوساطة بروتوكول التسيير الداخلي ، أما في المستوى الأدنى فيكون التسيير ضمن شبكة نشر محلية. إن نظامنا المقترح ممكن استخدامه كبروتوكول تسيير داخلي لإجراء عملية القرار داخل النظام الذاتي.

### ١-١١ التسيير التدرجي (Hierarchical Routing) في شبكات الحواسيب:

تحدث معلومات التسيير المحفوظة في كل مسوّ مراراً لكي تتأقلم للتغيرات في الطوبولوجية والازدحام في شبكة الاتصالات. في شبكات الاتصالات ذات هيكل التسيير اللاتدرجي فإنّ حجوم جداول التسيير تنمو بصورة خطية مع عدد المحطات الطرفية المربوطة بالشبكة [ ٢٤ ] . ونتيجة لذلك فإنّ معلومات التسيير المطلوب حفظها في العقدة ستكون مكلفة من ناحية استغلال وحدة المعالجة المركزية واحتياجها إلى سعة خزن عالية. وقد أثبتت التجربة أنّ المعلومات المتبادلة بين العقد تكون مكلفة من ناحية عرض حزمة النطاق لقناة في الشبكة وذلك لأنّ المعلومات بحاجة إلى أن يتم تبادلها مراراً لكي يتم الاحتفاظ بمعلومات حديثة لحالة الشبكة. وطبقاً لذلك فإنّ تجميع معلومات التسيير اصبح ضرورياً في أي نوع من بروتوكولات التسيير [ ٢٤ ] [ ٢٣ ] . يقلل التسيير اللاتدرجي من أداء الشبكة مع زيادة حجمها نتيجة للعبء العالي في صيانة جداول التسيير. إن التعقيد الحسابي لخوارزمية المسار الأقصر اللاتدرجية يكون  $O(N^3)$  وحجم جدول التسيير  $O(N)$  حيث  $N$  يمثل عدد العقد. على حين يمكن أن يتحسن الأداء بانخفاض التعقيد الحسابي إلى  $O(\sqrt{N^3})$  وتعقيد الذاكرة إلى  $O(\sqrt{N})$  في شبكة تدرجية باستخدام عقدة العقد لتشكيل مجالات ( Domains ) [ ٢٣ ] . ولهذا يفضل استعمال هيكل تدرجي للتغلب على هذه المشاكل وتوفير تسيير كفوء في الشبكات الواسعة. ولغرض التسيير في الشبكات الواسعة فان تجميع معلومات التسيير تنجز خلال تجزئة تدرجية للشبكة. الفكرة الرئيسية من التسيير التدرجي هو لحفظ معلومات التسيير المتعلقة فقط بالعقد القريبة جداً للعقدة ومعلومات اقل تفصيلاً عن العقد البعيدة عنها. والهدف من حفظ تدرجية المعلومات هو لتقليل حجم قاعدة بيانات التسيير المحفوظة داخل كل مسوّ وتقليل تبادل معلومات الطوبولوجية بين المسوّات. فالهدف من فعل ذلك هو للحصول على موازنة مقبولة بين حجم جداول التسيير وعدد التحديثات المطلوبة لصيانة هذه الجداول وسرعة نشر هذه التحديثات [ ٢٤ ] [ ٢٢ ]

### ١٢-١ خوارزميات التسيير التقليدية :

يوضح هذا القسم الخوارزميات التقليدية المستخدمة في التسيير وهي كما يأتي:  
**١-١٢-١ التسيير ذو المسار الأقصر (Shortest Path Routing) [٣١]:**

يتم اختيار المسار لكل زوج (s, d) من عقدي المصدر والهدف في هذا النوع من التسيير الذي يأخذ اقل عدد من القفزات. فأى رزمة سوف تسلك نفس المسار من المصدر المعطى إلى الهدف المعطى. لتكن  $A$  تمثل منظومة التجاور ( $n * n$ ) ( $[a_{ij}]$ )، حيث  $n$  تمثل عدد العقد في الشبكة، بحيث  $a_{ij} = 1$  إذا كان هناك موصل بين العقدين  $i$  و  $j$  وخلافاً لذلك فإن  $a_{ij} = 0$  (لاحظ إن  $A$  منظومة متماثلة). يمكن الحصول على المسار الأقصر من  $A$  باستخدام متتابعة المنظومات  $\left\{ A^k = ([a_{ij}^{(k)}]) \right\}_{k=1}^n$  يتم الحصول عليها بواسطة ضرب  $A$  مع نفسها  $k$  مرة. الخاصية التالية في  $A^k$  تم استخدامها لهذا الغرض:

$a_{ij}^{(k)}$  تمثل عدد المسارات ذات الطول  $k$  من العقدة  $i$  إلى العقدة  $j$ .  
و يعطى طول المسار الأقصر من العقدة  $s$  إلى العقدة  $d$  كما يأتي:

$$(1.1)$$

إن التسيير المستند على المسار الأقصر يمكن استخدامه ضمن أسرار التسيير المستندة إلى المصدر والموضحة مسبقاً. أو يستخدم لإعطاء قرارات محلية في العقد الوسطية. فعندما تستقبل العقدة  $x$  رزمة  $P(s,d)$  لمحطة الاستلام  $d$  فإنها تختار الجار  $y$  بحيث:

$$y = \arg \min_{z \in N(x)} L(z, d). \quad (1.2)$$

حيث  $N(x)$  هي مجموعة كل جيران العقدة  $x$ . إن سياسة التسيير في هذا النوع غير ملائمة للشبكات المتغيرة ديناميكياً وذلك للأسباب الآتية:

- تحفظ طوبولوجية الشبكة التغيرات مثل عطل العقد أو الموصلات (أي منظومة التجاور لتغيرات الشبكة).
- عندما يكون الحمل عالياً، فإن العقد الواقعة على المسارات الشهيرة ستحمل رزماً أكثر من استطاعتها في معالجة هذه الرزم وهذا يقود إلى:
  - ◀ تأخير في تسليم الرزمة بسبب وقت الانتظار داخل طابور طويل.
  - ◀ الازدحام في هذه العقد أي إن خزان طابور الرزم الخاص بها قد يفيض مسبباً إهمال الرزمة.
- استخدام قريب من الامتلية لموارد الشبكة: معظم المرور سوف يمر خلال عدد صغير من العقد على حين تبقى العقد الأخرى عاطلة عن العمل.

## ١-٢-٢ التسيير ذو المسار الأقصر الموزون (التسيير العالمي) :

يمكن الحصول على الحد الأعلى للأداء إذا تم اعتبار الحالة الكلية للشبكة عندما تصنع كل قرارات التسيير. ويمكن توضيح خوارزمية التسيير الشاملة لدايجسترا كما يأتي [ ٣١ ] :

توضع الحالة الحالية للشبكة بصورة كاملة في منظومة التجاور للكلفة  $C (= [cij])$  حيث :

▪  $c_{ii} = ٠$  لا توجد كلفة لإرسال الرزمة من عقدة إلى نفسها.

▪  $c_{ij} = \infty$  إذا :

❖ لا يوجد موصل بين العقدتين  $i$  ،  $j$  ،

❖ المصل بين العقدتين  $i$  ،  $j$  تعطل أو

❖ العقدة  $i$  أو العقدة  $j$  تعطلت.

وخالفا لذلك ،

## ١٣-١ الشبكات العصبية :

انتشرت الشبكات العصبية في مطلع الثمانينات كأحد التطبيقات الحديثة للذكاء الاصطناعي ، حيث تمثل أداة مفيدة لحل العديد من المشاكل مثل مشكلة تمييز الأنماط ، ومشكلة تصنيف الأنماط ومشاكل العقدة ومشاكل ألامثلية المقيدة. وتعرف الشبكات العصبية الاصطناعية بأنها نظام لمعالجة المعلومات وبشكل متوازي ، يتكون من مجموعة عناصر معالجة ( خلايا عصبية ) التي ترتبط مع بعضها بواسطة مجموعة من الموصلات. كل موصل يخصص له وزن حيث تمثل الأوزان المعلومات المستخدمة بواسطة الشبكة العصبية لحل المشكلة. يطبق كل عنصر معالجة دالة نشاط على مجموع مدخلاته ليحصل على الإخراج [٣٢]. تمتلك الشبكات العصبية الاصطناعية صفات مفيدة التي تميزها عن الخوارزميات الأخرى منها : قابلية التعميم ، اقتدارها العالي على إجراء المعالجة المتوازية ، الذاكرة الموزعة ، السلوك الذكي ، والتعلم غير المبرمج ( Learning not Programming ) [٣٣] .

### ١-١٣-١ معماريات الشبكات العصبية الاصطناعية:

تصنف الشبكات العصبية بالاعتماد على هيكلها العام إلى ثلاثة أصناف ( معماريات ) :

#### ١-١٣-١-١ شبكات التغذية الأمامية (Feedforward Network) [٣٤] [٣٢] :

تنساب المعلومات في هذا النوع من الشبكات باتجاه الأمام ، بحيث يغذي إخراج خلايا كل طبقة خلايا الطبقة التالية. أما نوع التعلم في هذه الشبكات فهو التعلم المشرف عليه. افضل مثال لهذه الشبكات هي شبكة انسياب الخطأ خلفا (Error Back Propagation Network) .

#### ١-١٣-١-٢ شبكات التغذية الراجعة (Feedback Network) [٣٥] [٣٤] :

ترتبط خلايا الشبكة في هذا النوع من الشبكات مع بعضها البعض حيث يرتبط إخراج كل خلية مع مدخلات الخلايا الأخرى. تمثل المعلومات المدخلة الحالة الابتدائية لنظام التغذية الراجعي. وبعد بعض التغيرات في حالة الخلايا وصولاً إلى حالة الاستقرار المتمثلة بأقل طاقة ، تصبح حالات خلايا الشبكة ممثلة لنتيجة الحساب ( المخرجات المطلوبة ). ابسط معمارية وأكثرها شهرة هي شبكة هوبفيلد (Hopfield Network) .

#### ١-١٣-١-٣ الشبكات التنافسية (Competitive Network) [٣٥] :

يقوم هذا النوع من الشبكات باكتشاف العلاقات بين أنماط التدريب وذلك من خلال إجراء عملية تجميع لأنماط التدريب إلى تجمعات متشابهة الأنماط. يتم قياس درجة التشابه من خلال قياس المسافة بين النمط ومراكز التجمعات المختلفة ، وينسب النمط إلى اقرب تجمع إليه وتنتج الشبكة متجهاً مثالا لكل تجمع مكون يمثل مركز الفئة. التعلم في هذه الشبكات غير مشرف

عليه لذلك تسمى بالشبكات ذاتية التنظيم ، وفضل مثال لهذا النوع من الشبكات خرائط كوهونين ذاتية التنظيم.

### ١-١٣-٢ التعلم في الشبكات العصبية الاصطناعية :

ينجز التعلم في الشبكات العصبية الاصطناعية [٣٦] باستخدام الأمثلة ، ويدعى ذلك بتدريب الشبكة العصبية الاصطناعية لأنَّ التعلم ينجز بواسطة تعديل أوزان الموصلات تكرارياً في الشبكة العصبية لكي تتدرب ( أو تتعلم ) إنجاز مهام معينة. ويقسم التعلم في الشبكات العصبية الاصطناعية على ثلاثة أصناف [٣٧][٣٦] :

أ. **التعلم المشرف عليه (Supervised Learning) :** يتطلب هذا النوع من التعلم وجود مدرب يقدم أنماط الإدخال وأنماط الإخراج المرغوبة للكيانات لكي يتم تمييزها. وبذلك يتم التعلم من خلال مقارنة الإخراج الفعلي للشبكة العصبية مع الإخراج المرغوب ففي حالة التطابق تكون الشبكة قد تعلمت ، وعدا ذلك فإنَّ الشبكة تستمر بتعديل أوزانها إلى أن تتدرب ومثال على ذلك تدريب انسياب الخطأ خلفاً.

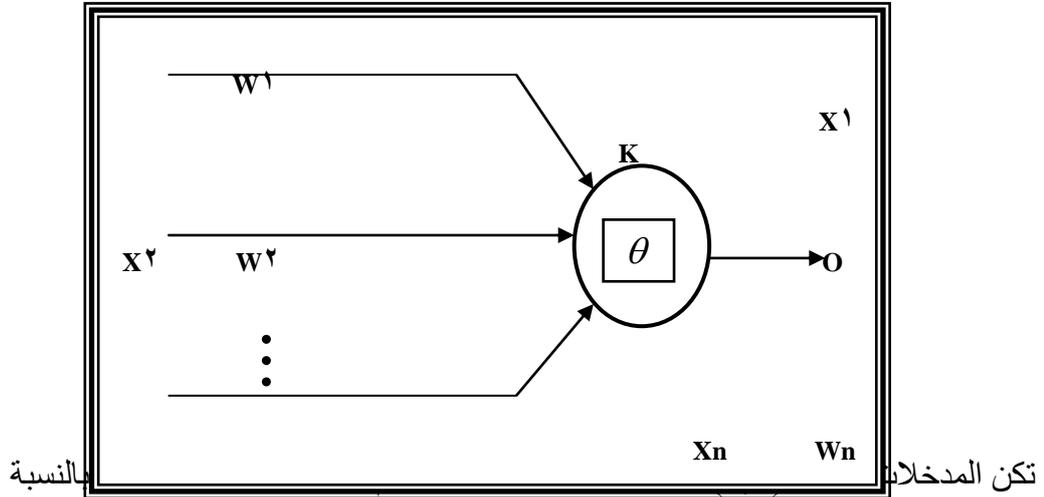
ب. **التعلم غير المشرف عليه (Unsupervised Learning) :** يستند هذا النوع من التعلم إلى الترابط بين المدخلات البيانية. معلومات المخرجات المرغوبة للشبكة غير معروفة لغرض التعلم. ومثال على هذا النوع من التعلم شبكة كوهونين.

ج. **التعلم بالتقوية (Reinforcement Learning) :** يُعدُّ هذا النوع من التعلم حالة وسطية بين النوعين أعلاه. حيث إنَّ الإخراج المرغوب يكون غير معروف فهو يستند فقط إلى المعلومات بحيث إن نظام التقوية يعاقب أو يكافئ بالاستناد إلى المخرجات الفعلية ، وطبقاً لذلك يعدل معاملاته وبصورة عامة تعديل المعاملات يستمر حتى يتم الوصول إلى الحالة المستقرة بحيث لا توجد تغيرات في المعاملات ومثال على ذلك التعلم العصبي ذاتي التنظيم.

إنَّ جوهر خوارزمية التعلم هو قاعدة التعلم أي قاعدة تحديث الأوزان التي تحدد كيفية تغيير الموصلات. ومن بين قواعد التعلم قاعدة هيب ، قاعدة المدرك وقاعدة دلتا وقاعدة التعلم التنافسي وغيرها وللحصول على تفاصيل أكثر يمكن الاطلاع على [٣٥].

### ٣-١٣-١ نموذج ماركوك\_بيترز للخلية [٣٥] [٣٨]:

يعد ماركوك وبيترز عام ١٩٤٣ أول من اقترحا محاكاة لعمل الخلايا البيولوجية بخلايا اصطناعية ووضعوا نموذجا لأول خلية اصطناعية الذي تضمن مبدأ عتبة الخلية ، الشكل (٥-١) يوضح هيكل الخلية.



لمخرجات الخلية فيتم إيجادها حسب الصيغة الآتية:

$$O = g \left( \sum_{i=1}^n W_i X_i \right) \quad (١.١٢)$$

حيث إن  $g(x)$  هي دالة التنشيط وتعرف كما يأتي :

$$g(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \geq \theta \\ 0, & \text{if } x < \theta \end{cases}$$

،  $x_i$  : إدخال من الخلية  $i$  ،  $O$  : إخراج الخلية  $K$

$W_i$  : الوزن للموصل بين الخلية  $i$  والخلية  $K$  ،  $\theta$  : قيمة العتبة للخلية  $K$

يعد نموذج ماركوك وبيترز من النماذج البسيطة من حيث الهيكل والتطبيق وامكانية استخدامه لإنجاز العديد من العمليات المنطقية مثل ( And ، Or ، Not ) وذلك بتغيير قيم الأوزان وقيمة العتبة للخلية.

### ٤-١٣-١ دوال النشاط العامة (Activation Functions):

إنَّ الوظيفة الأساسية للخلية العصبية الاصطناعية هي استلام وتجميع مجموعة من المدخلات ومن ثم جمع حاصل ضرب هذه المدخلات الموزونة للحصول على قيمة تمثل فعالية الخلية ثم يتم تطبيق دالة نشاط لاخطية للحصول على الإخراج النهائي للخلية العصبية [٣٢] [٣٥] . ومن دوال النشاط الأكثر شيوعا :

١. دالة الإشارة (Sign Function):

تعتمد مخرجات هذه الدالة على إشارة المدخلات وتعد من الدوال البسيطة ولكنها غير قابلة للاشتقاق لذلك لا تستطيع اغلب خوارزميات التعلم المعتمدة على المشتقة استخدام هذه الدالة. تقسم هذه الدالة على نوعين هما [٣٥]:

أ. الدالة الثنائية أحادية القطب (**Unipolar binary function**):

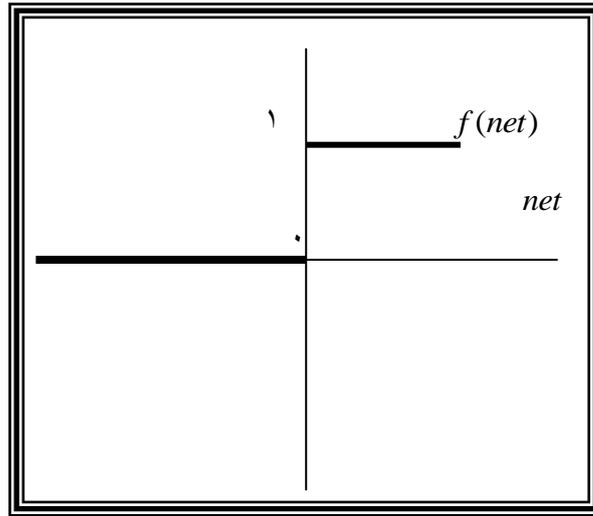
تكون مخرجات هذه الدالة قيم ثنائية [١,٠] وصيغتها هي:

$$f(net) = \begin{cases} 0, & \text{if } net < 0 \\ 1, & \text{if } net \geq 0 \end{cases} \quad (1.13)$$

وتسمى هذه الدالة بأسماء أخرى مثل (**Heaviside Function**) أو (**Hard limiting Function**)

(Function)

وتمثل نموذج الخلية المتقطع [٣٥]. الهيكل العام لمخرجات الدالة يوضحه الشكل (٦-١).



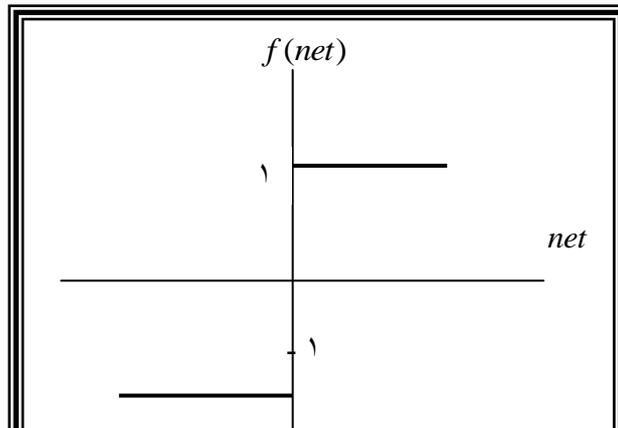
ب. الدالة الثنائية ثنائية القطب

تكون مخرجات هذا شكل (٦-١): الدالة الثنائية أحادية القطب

$$f(net) = \begin{cases} +1, & \text{if } net > 0 \\ -1, & \text{if } net < 0 \end{cases} \quad (1.14)$$

وتسمى (**Hard limiting function**) وتصف النموذج المتقطع للخلية العصبية [٣٥]. والشكل (٧-١)

يوضح مخرجات هذه الدالة.



## ٢- الدالة السيجماوية (Sigmoid Function):

هي من الدوال الشائعة الاستعمال في العديد من خوارزميات التعلم ، وذلك لكونها من الدوال القابلة للاشتقاق وسميت كذلك لان شكل الدالة يشبه الحرف S [٣٢]. وتقسم هذه الدالة [٣٥] على نوعين هما:

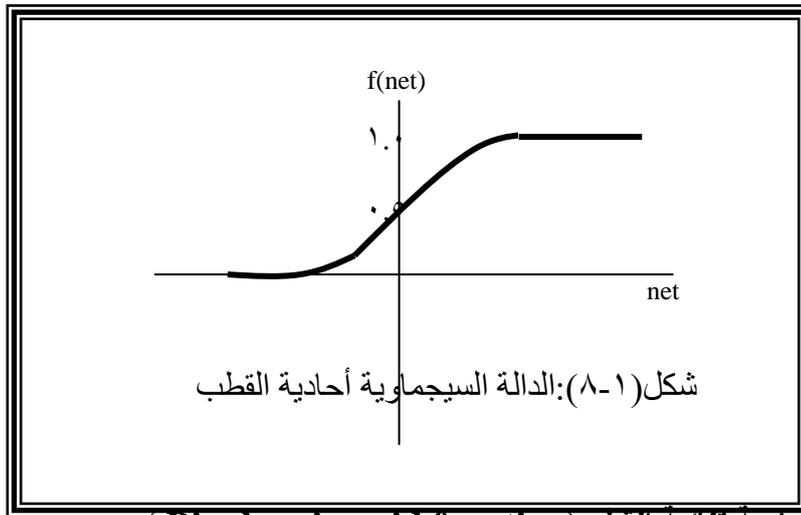
### أ. الدالة السيجماوية أحادية القطب (Unipolar sigmoid function):

تكون مخرجات هذه الدالة ضمن الفترة (٠, ١) والصيغة العامة لها:

$$(١.١٦)$$

$$f(net) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda net}}$$

حيث إن  $\lambda$  قيمة موجبة تمثل ميل الدالة  $f(net)$  بالقرب من القيمة  $net = 0$  . إذا كانت قيمة  $\lambda$  عالية فان الدالة تقترب من دالة الخطوة [٣٢] [٣٥]. أما مخرجات هذه الدالة يوضحها الشكل (٨-١).

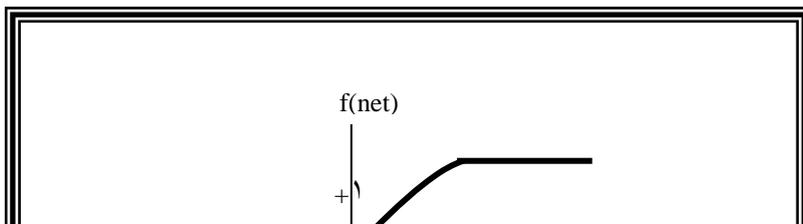


### ب. الدالة السيجماوية ثنائية القطب (Bipolar sigmoid function):

يكون إخراج هذه الدالة ضمن الفترة (-١, ١) والصيغة العامة لها:

$$f(net) = \frac{2}{1 + e^{-\lambda net}} - 1 \quad (١.١٦)$$

وتسمى هذه الدالة أيضاً (Tanh function) [٣٨][٣٢]. أما مخرجات هذه الدالة يوضحها الشكل (٩-١).



شكل (٩-١): الدالة السيجماوية ثنائية القطب  
وتسمى كلتا الدالتين أعلاه (soft-limiting function) [٣٥].

### ١-١٣-٥ الهيكل العام للموصلات:

لقد بينت الدراسات البيولوجية التي أجريت على دماغ الإنسان وجود عدد هائل من الارتباطات ، ووضح العديد من الباحثين أن قشرة الدماغ مقسمة على مجموعة من الطبقات وإن كل طبقة تحتوي على عدد كبير من الخلايا العصبية ، وترتبط خلايا الطبقة الواحدة مع خلايا الطبقات الأخرى لتكون بذلك نظاماً عصبياً معقداً [٣٩].

وبهذا يمكن تقسيم الشبكات العصبية الاصطناعية بالاعتماد على هيكل الشبكة على نوعين:

#### ١- الشبكات الطباقية (Layered network):

يتكون هذا النوع من الشبكات من مجموعة من الطبقات المتعاقبة حيث كل طبقة تحتوي على مجموعة من الخلايا العصبية غير المترابطة فيما بينها. كل طبقة تستلم الإشارات من الطبقة السابقة لها وتتمرر النتائج إلى الطبقة اللاحقة لها. وهناك ثلاثة أنواع من الطبقات هي:

أ. طبقة الإدخال : تكون هذه الطبقة مسؤولة عن استلام التحفيز القادم إلى الشبكة.

ب. الطبقة (الطبقات) المخبأة : تحتوي الشبكة العصبية الاصطناعية على طبقة مخبأة أو مجموعة من الطبقات المخبأة المتعاقبة تعمل على استخلاص الصفات الخاصة بأنماط التحفيز.

ج. طبقة الإخراج : تكون هذه الطبقة مسؤولة عن إظهار مخرجات الشبكة.

ومن الأمثلة الشائعة للشبكات الطباقية هي شبكة انسياب الخطأ خلفاً [٣٢][٣٨].

#### ٢- الشبكات تامة الارتباط (Full-connected network):

ترتبط كل خلية عصبية في هذا النوع من الشبكات مع نفسها ومع كافة الخلايا العصبية الموجودة في الشبكة ، حيث يوجد ارتباطان بين كل خليتين متجاورتين وفي كلا الاتجاهين وهذا يعطي الشبكة خاصية الانعكاس (Recursive) وذلك لان إخراج كل خلية يصبح إدخال لخلايا أخرى في الطبقة نفسها. وهذا يساعد في الوصول إلى حالة الاستقرار. ومثال على ذلك شبكة هوبفيلد [٣٥][٣٩].

### ١-١٣-٦ قانون هيب للموصلات:

في بداية التفكير بالشبكات العصبية كان الاعتقاد السائد إن الخبرة تخزن في الخلية العصبية [٣٨] ، حتى جاء العالم هيب في عام ١٩٤٩ وافترض أن الخبرة تخزن في الموصلات التي تربط بين الخلايا العصبية واعتمد في نظريته على الخلايا العصبية البيولوجية وبين أن مشاركة خلية عصبية في تهيج خلية عصبية أخرى ولاكثر من مرة يؤدي إلى تقوية الموصل بينهما [٤٠] وينص قانون هيب على [٣٥][٣٨] :

عندما يكون المحور العصبي للخلية A قريباً بما يكفي لتحفيز الخلية B وبشأنك بصورة متكررة في تحفيزها ، فإن عملية نمو أو تغيير أضي تحدث في إحدى الخليتين أو كليهما بحيث تزداد فعالية الخلية A كإحدى الخلايا المحفزة للخلية B .

### ١-١٣-٧ شبكة هوبفيلد العصبية:

شبكة هوبفيلد العصبية هي شبكة ذات تغذية خلفية ، فكل إخراج من خلية عصبية يرتبط بمدخلات الخلايا العصبية الأخرى [٣٥][٣٨]. إن طريقة الاتصال والوزن المصاحب لكل إتصال يستند إلى مسألة محددة والتي أقترح الشبكة لعلها. فإذا نفذت الشبكة بوساطة ماديات رقمية (Digital Hardware) فإن الدارة المنطقية المركبة سوف تستخدم لتمثل خلية عصبية ، بينما في التنفيذ التناهي (Analogue Implementation) فإن الخلية العصبية تحقق بوساطة المضخم (Amplifier). اقترح هوبفيلد في ١٩٨٠ نوعين من الشبكات العصبية أحدهما مع خلايا عصبية ثنائية القيمة والأخرى مع خلايا عصبية متصلة القيمة [١٠].

### ١-١٣-٧-١ شبكة هوبفيلد المتقطعة (Discrete Hopfield Network) [٣٩] [٣٨] :

استخدم هوبفيلد خلية ماكلوخ وبيتز العصبية الاصطناعية. يكون للخلية حالتان: (١/٠) في حالة الدالة الثنائية أحادية القطب أو (١/-١) في حالة الدالة الثنائية ثنائية القطب. تتكون الشبكة من N من الخلايا المرتبطة بصورة كاملة بحيث ترتبط كل خلية مع الخلايا الأخرى ماعدا نفسها. أما الموصلات بين الخلية i والخلية j تدعى بمنظومة الأوزان  $W_{ij}$  وتكون تماثلية. كل خلية تغير حالتها بلحظة عشوائية وبصورة غير متزامنة مع الخلايا الأخرى ، أي في كل إشارة وقتية يتم اختيار خلية عصبية بصورة عشوائية لتغيير حالتها. أما الطريقة التي تُحَث بها الخلية في نموذج هوبفيلد كما يأتي :

$$U_j = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^N V_i W_{ji} \quad (1.17)$$

حيث إن الإخراج الناتج للخلية  $z^j$  سيكون كما يأتي:

$$V_j = \begin{cases} 1, & \text{if } U_j \geq 0 \\ 0, & \text{if } U_j < 0 \end{cases} \quad (1.18)$$

أما التغير في دالة الطاقة الناتجة من تحديث خلية واحدة يكون كما يأتي:

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{i \neq j} W_{ij} V_i V_j \quad (1.19)$$

يمكن إعادة كتابة المعادلة (1.19) كما يأتي:

$$E_j = V_j \left[ -\frac{1}{2} \sum_{i \neq j} W_{ij} V_i \right] \quad (1.20)$$

فعندما تُحدث الخلية  $j$  من القيمة القديمة  $V_j^{old}$  إلى القيمة الجديدة  $V_j^{new}$  فإن التغير في الطاقة سيكون  $\Delta E_j$

حيث

$$\Delta E_j = E_j^{new} - E_j^{old} \quad (1.21)$$

ومن المعادلة (1.20) نحصل على:

$$\Delta E_j = V_j^{new} \left( -\frac{1}{2} \sum_{i \neq j} W_{ij} V_i \right) - V_j^{old} \left( -\frac{1}{2} \sum_{i \neq j} W_{ij} V_i \right) \quad (1.22)$$

$$\Delta E_j = (V_j^{new} - V_j^{old}) \left( -\frac{1}{2} \sum_{i \neq j} W_{ij} V_i \right) \quad (1.23)$$

الآن يمكن كتابة التغير في  $V_j$  كما يأتي:

$$\Delta V_j = V_j^{new} - V_j^{old} \quad (1.24)$$

ومن ذلك نحصل:

$$\Delta E_j = \Delta V_j \left( -\frac{1}{2} \sum_{i \neq j} W_{ij} V_i \right) \quad (1.25)$$

وبالتعويض في المعادلة (1.17) نحصل:

$$\Delta E = -\frac{1}{2} \Delta V \cdot U \quad (1.26)$$

ومن هذا نستنتج أن أي تعوُّ بحالة خلية هو بفيلد التي يتم اختيارها عشوائياً يجب أن يفرض الطاقة

أو يبقيها نفسها. وعندما لا يوجد أي تغيير في كل الخلايا فإن ذلك يعني وصول الشبكة إلى اقل طاقة

مستقرة. استخدم هو بفيلد أوزان الموصلات على ما يأتي:

$$(1.27)$$

$$\left. \begin{aligned} W_{ij} &= \sum_s V_i^s V_j^s \\ W_{ii} &= 0 \end{aligned} \right\} \text{حيث إن } s = 1, \dots, n \text{ تدعى بالنماذج الأولية.}$$

## ١-١٣-٧-٢ شبكة هوبفيلد العصبية الاصطناعية المتصلة (Continuous )

(Hopfeild Artificial Neural Network) [٤١][٤٢] :

تتركب شبكة هوبفيلد من نظام متكون من  $n$  خلية عصبية مرتبطة بصورة كاملة كما في الشكل (١٠-١)[٣٥]. للخلية  $i$  حالة داخلية  $U_i$  ومستوى إخراج  $V_i$  بحيث  $V_i \in [0, 1]$ . تحتوي الحالة الداخلية  $U_i$  على تيار الانحياز (أو عتبة سالبة) توضح بوساطة  $I_i$  والمجموع الموزون للمخرجات من كل الخلايا الأخرى. تحدد الأوزان قوة المصل من الخلية  $j$  إلى الخلية  $i$  وتُعطى بوساطة  $W_{ij}$ . يحدد العلاقة بين الحالة الداخلية للخلية العصبية ومستوى إخراجها بوساطة دالة نشاط  $g_i(U_i)$  وتعطى بالعلاقة الآتية:

$$V_i = g_i(U_i) = \frac{1}{2} \left( 1 + \tanh\left(\frac{U_i}{T}\right) \right) \quad (1.28)$$

حيث إنَّ المعامل  $T$  يسيطر على ميل دالة النشاط.

بأن هوبفيلد أنه لغرض تنفيذ النظام مادياً يتم تحديده بوساطة معادلة متسعة-مقاومة (**Resistance-Capacitance**) حيث إنَّ التحكم بدديناميكية الشبكة سيكون بوساطة هذه المعادلة وهي:

$$(1.29)$$

$$\frac{dU_i}{dt} = \sum_j W_{ij} V_j - \frac{U_i}{\tau} + I_i \quad (1.30)$$

حيث إن  $\tau = RC$

$R$  يمثل المقاومة ،  $C$  يمثل المتسعة

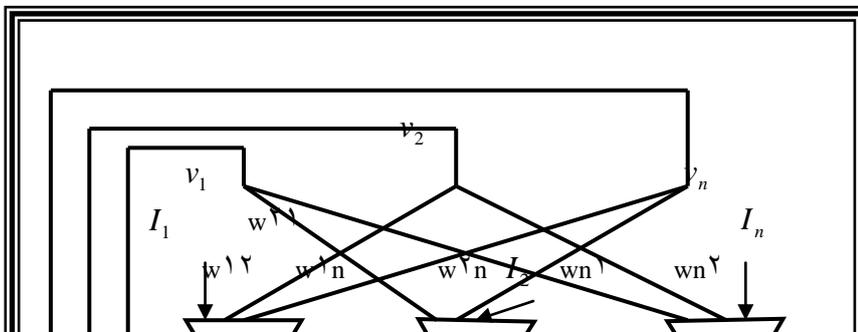
دالة نشاط عالية الميل تكون قيم المخرجات أما ١ أو ٠ ويكون فضاء حالة مخرجات الشبكة عبارة عن مجموعة من المراكز الحرجة (**Corners**) ذات مكعب فوقي نوني الأبعاد (**n-Dimensional Hypercube**)  $\{0,1\}^n$ . فالحالة النهائية للشبكة تكون أحد هذه المراكز الحرجة.

يمكن استخدام شبكة هوبفيلد كطريقة تقريب لحل مسائل الأمثلية (٠-١) وذلك لأنها ذات أوزان متماثلة ( $W_{ij}=W_{ji}$ ) والشبكة تتقارب إلى الحد الأدنى لدالة الطاقة حيث تُعطى دالة الطاقة بالعلاقة الآتية:

$$(1.31)$$

$$E(V) = -\frac{1}{2} \sum_i \sum_j W_{ij} V_i V_j - \sum_i I_i V_i$$

إنَّ برهان إستقرار شبكة هوبفيلد المتصلة يستند إلى حقيقة إنَّ  $E(v)$  تكون دالة ليبنوف على شرط وجود معكوس لدالة  $g'(U_i)$  (المشتقة الأولى لدالة النشاط).



شكل (١٠-١): نموذج الشبكة

### ١٣-٧-١٣-١ التنفيذ التشابهي لشبكة هوبفيلد العصبية المتصلة:

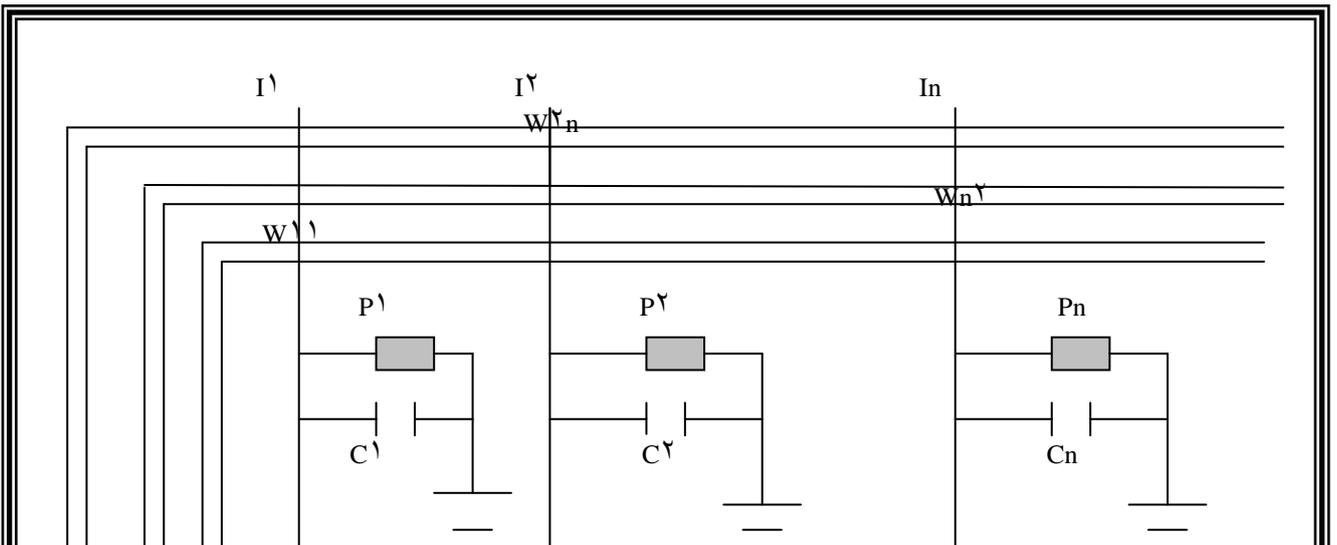
يقع الإستحقاق الأكثر أهمية في شبكة هوبفيلد المتصلة هو في إمكانية تنفيذها خلال دائرة تشابيهية وهذا يمكن الشبكة من الوصول للحالة المستقرة في عدة ثوابت زمنية من عناصر الدائرة [١٠] [٤٣]. يُبين الشكل (١١-١) التنفيذ التشابهي الذي يمثل الديناميكية التالية [٤٤] [١٠]:

$$C_i \frac{dU_i}{dt} = -\frac{U_i}{R_i} + \sum_j W_{ij} V_j + I_i \quad (1.32)$$

$$\frac{1}{R_i} = \frac{1}{P_i} + \sum_j \frac{1}{R_{ij}} \quad (1.33)$$

حيث  $P_i$  يمثل إدخال المقاومة للمضخم  $i$  و  $R_{ij}$  يمثل المقاوم المربوط لإخراج المضخم  $j$  إلى إدخال المضخم  $i$ .

في المعادلة (١.٣٢)،  $C_i$  تمثل مجموع إدخال المتسعة للمضخم  $i$ ،  $W_{ij}$  تمثل  $1/R_{ij}$ ، على حين تحدد إشارتها بوساطة إختيار الإخراج السالب أو الموجب للمضخم  $j$ . وبعد المعالجات البسيطة فقد نجد أنّ المعادلتين (١.٢٩) و (١.٣٢) تكونان متكافئتين، كذلك فإنّ المعاملات في دالة الطاقة (١.٣١) قد تمّ مقابلتها (mapping) بصورة مناسبة على الدائرة، فالحالة المستقرة للنظام التشابهي سوف يقابل الحد الأدنى من الطاقة بينما مخرجات المضخم ممكن تفسيرها كحل لمسألة الأمثلية المقابلة.



### شكل (١١-١): التنفيذ التشابهي لشبكة هوبفيلد العصبية

## ١-١٣-٧-٤ استخدام شبكة هوبفيلد المتصلة لحل مسائل الأمثلية:

منذ عمل هوبفيلد وتانك [٤٥] أصبح هناك اهتمام متنامي في شبكة هوبفيلد وذلك لما تتمتع به من محاسن على الأساليب الأخرى في حل مسائل الأمثلية. ومن هذه المحاسن:

- أ. المعالجة المتوازية الضخمة.
  - ب. قابلية التنفيذ المادي لمعمارية الشبكة العصبية [١٠][٤٥]: فيمكن تنفيذ شبكة هوبفيلد العصبية الاصطناعية في الدوائر الرقمية أو التشابهيية وذلك من خلال تكنولوجيا VLSI وهذا يتضمن أن مسألة الأمثلية يتم تحويلها (Mapped) على شبكة هوبفيلد العصبية ويصبح بالإمكان حلها بوقت قصير جداً (قد يكون بالميكروثانية أو نانوثانية).
  - ج. إمكانية إعادة برمجتها [١٠]: تُعدُّ شبكة هوبفيلد نظام تغذية خلفية وحيد الطبقة مع خلايا عصبية متماثلة مرتبطة مع بعضها. هذه المعمارية الثابتة تمكن المستخدم لحل المسألة الجديدة بوساطة عمل تعديلات فقط على سلوك الاتصال (Connection Conductance) والإدخال الخارجي.
  - د. تُعدُّ شبكة هوبفيلد [٤٥] أسلوباً عاماً لحل مسائل أمثلية متنوعة.
- بين هوبفيلد وتانك [٤٢] أنه إذا ماتم التعبير عن مسألة الأمثلية المركبة بمصطلحات دالة الطاقة من الدرجة الثانية ذات الصيغة العامة المبينة في (١.٣١) فيمكن استخدام شبكة هوبفيلد لإيجاد حلول مثلى محلية لدالة الطاقة التي قد تحول إلى حلول دنيا محلية لمسألة الأمثلية. وبصورة نموذجية، توضع دالة طاقة الشبكة مكافئة لدالة الهدف المراد تقليلها، على حين يُضمّن كل قيد من قيود مسألة الأمثلية في دالة الطاقة كمصطلح معاقبة وبصورة واضحة فالحد الأدنى للقيود (Constrained Minimum) في مسألة الأمثلية سوف تعمل أمثلية (Optimize) لدالة الطاقة إذ إنّ مصطلح دالة الهدف سوف يُقلل وتحقيق القيود يتضمن أن يكون مصطلح المعاقبة صفر. ولسوء الحظ فالحد الأدنى لدالة الطاقة ليس بالضرورة أن يكون مقابل للحد الأدنى لقيود دالة الهدف ويعود ذلك إلى احتمالية وجود عدة مصطلحات في دالة الطاقة والتي تساهم في عدة نهايات محلية. فوجود الموازنة بين المصطلحات سيتم تقليله بصورة كاملة ومقبولية الشبكة تكون غير محتملة ما لم يتم اختيار معاملات المعاقبة بعناية.

ففي معظم تطبيقات شبكة هوبفيلد العصبية المتصلة [١٠] يتم تحويل مسألة الامثلية إلى مسألة غير مقيدة مع دالة هدف من الدرجة الثانية على مجموعة من المتغيرات التي تأخذ قيم [١, ٠].  
 إذن فالمعاملات في النظام المتصل يتم إيجادها بوساطة مقارنة دالة الهدف مع دالة الطاقة (١.٣١) على حين يتم استعمال العلاقة (١.٣٥) في محاكاة الحاسوب لإيجاد ديناميكية الخلايا العصبية.

### ١-١٣-٧-٥ عملية التحويل (Mapping Process):

إن مسألة الامثلية قابلة للحل باستخدام شبكة هوبفيلد العصبية بحيث يمكن وصفها بشكل عام على ما يأتي [١٠] [٤٣]:

$$\text{minimize } f(V) = -\frac{1}{2} V^T W V - V^T I \quad (1.34)$$

$$\text{subject to } AV = a \quad (1.35)$$

$$BV \leq b \quad (1.36)$$

$$0 \leq V_i \leq 1, \quad i=1,2,\dots,n \quad (1.37)$$

Where  $V \in R^p, b \in R^q$

في الوصف أعلاه ، بما أن  $V_i$  يمكن أن تأخذ أي قيمة في [١, ٠] ، فالمسألة المقابلة ستكون مسألة برمجة لاخطية. فإذا تم تحديد  $V_i$  بشكل أكبر إلى قيم متكاملة ٠ أو ١ ، إذن ستصبح المسألة مسألة برمجة الأعداد الصحيحة (Integer Programming Problem).

لكي نستخدم شبكة هوبفيلد لحل المسألة المعرفة في (١.٣٤) - (١.٣٧) [١٠] سوف تحتاج لتحويلها إلى مسألة غير مقيدة. فالطريقة الأكثر استخداماً لهذا الغرض هو استخدام مصطلحات طاقة منفصلة لتمثيل قيود المساواة الخطية (١.٣٥) وقيود اللامساواة الخطية (١.٣٦) ومن ثم دمج مصطلحات الطاقة هذه ودالة الهدف (١.٣٤) لتشكيل دالة وحيدة.  
 بالإضافة إلى مصطلحات الطاقة هذه التي تكون بهيئات من الدرجة الثانية فإن الدالة المركبة يمكن معاملتها كدالة طاقة الشبكة العصبية التي تأخذ الصيغة الآتية:

$$(1.38)$$

$$E(V) = C1f(V) + C2E^e(V) + C3E^i(V)$$

حيث أن  $C1$  و  $C2$  و  $C3$  هي ثوابت موجبة ، على حين أن  $E^e(V)$  هي مصطلحات الطاقة المقابلة لقيود المساواة وقيود اللامساواة على التوالي.

مصطلح الطاقة المقابل لقيود المساواة (١.٣٥) يُعبر عنه بصورة عامة:

$$E^e(V) = \frac{1}{2} \| AV - a \|^2$$

(١.٣٩)

حيث إن التدوين  $\| \cdot \|$  يبين (Euclidean ٢-norm).

هناك طريقتان يمكن استخدامهما لتمثيل قيود اللامساواة ، الأولى هي بوساطة استخدام متغيرات التراخي (Slack Variable) لتحويل قيود اللامساواة إلى قيود المساواة ، على سبيل المثال القيد  $i$ th في (١.٣٦)

$$B_{i1}V_1 + B_{i2}V_2 + \dots + B_{in}V_n \leq b_i \quad (١.٤٠)$$

ممکن تحويلها إلى

$$B_{i1}V_1 + B_{i2}V_2 + \dots + B_{in}V_n + k_i\delta_i = b_i \quad (١.٤١)$$

في معادلة (١.٤١)  $\delta_i \in [0,1]$  ويمثل متغير التراخي و  $k_i$  يمثل ثابت موجب. أمّا الطريقة الثانية فتكون

بوساطة دوال عقوبة. وإن قيد اللامساواة (١.٤٠) الذي يمكن كتابته باختصار  $B_i^T V \leq b_i$  تعطي

دالة عقوبة مقابلة لها على ما يأتي:

$$h(x_i) = \begin{cases} 0 & \text{if } x_i \leq 0 \\ x_i & \text{otherwise} \end{cases} \quad (١.٤٢)$$

حيث

ومن ذلك نرى بأن دالة العقوبة يجب أن تكون مصطلح في معادلة ديناميكية الشبكة بدلاً من دالة الطاقة. فمصطلح الطاقة المقابل لهذا التمثيل يمكن أن يعبر عنه على ما يأتي:

(١.٤٣)

$$E^i(V) = \sum_{x_i} \int h(x) dx$$

في التنفيذ المادي ، تحتاج كلا الطريقتين إلى خلايا عصبية إضافية لتحقيق الوظائف المقابلة. في تقنية متغير التراخي ، يقابل كل متغير تراخي فيها خلية عصبية ، على حين في طريقة العقوبة ، تقابل كل دالة عقوبة خلية عصبية عندما توظف شبكة هوبفيلد المتصلة لحل مسائل البرمجة الصحيحة ٠-١ ، فيجب أن تتضمن دالة الطاقة مصطلحاً إضافياً لغرض القيد الثنائي ، الذي يؤكد بان الشبكة تتقارب إلى زاوية وحدة مكعب فوقي (Unit Hypercube) ، فيمكن استخدام نوعين من التعابير ، الأول قابل للتطبيق لأي موقع:

(١.٤٤)

وتتطلب الطريقة الثانية بان تقسم المتغيرات في  $V$  إلى مجموعة من المجاميع الفرعية  $V_1, V_2, \dots, V_k$  وفي كل مجموعة فرعية هناك فقط متغير واحد يأخذ القيمة ١ ، وفي هذه الحالة فان مصطلح القيد الثنائي

$$E^b(V) = \sum_i V_i(1 - V_i) \quad \text{يُعطى على النحو الآتي:}$$

$$E^b(V) = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k V_i V_j$$

## ١-١٣-٧-٦ المشاكل المتنوعة في شبكة هوبفيلد العصبية:

تعاني شبكة هوبفيلد بشكل عام من عدة مشاكل أساسية منها:

أ. مشكلة القيمة الابتدائية [١٠]: إن التقارب في شبكة هوبفيلد العصبية يكون محدوداً. وهذا يعني أنه إذا حُدثت المعاملات في نموذج الشبكة والقيمة الابتدائية لمتغير الحالة  $V$ ، فإن الحالة المستقرة النهائية تحدد أيضاً. يبين البحث المكثف إن قيمة  $V$  الابتدائية لها تأثير كبير على نوعية الحل النهائي. فالعديد من الباحثين حاولوا تكوين طرق نظامية لاختيار القيمة الابتدائية ولكن النتائج كانت غير مشجعة. وبصورة عامة فإن طرق التهيئة تقدم حلول جيدة في أحد التطبيقات وتكون غير ملائمة لتطبيقات أخرى. فإذا وظفت شبكة هوبفيلد العصبية لحل مسألة اللامتعددات الحدود الكاملة (NP-complete) فإن مشكلة إيجاد القيمة الابتدائية التي تعطي الحل الأمثل تكون أيضاً NP-complete

ب. مشكلة تحديد قيم المعاملات في دالة الطاقة [١٠][٤٥]: تتكون دالة الطاقة لشبكة هوبفيلد من المجموع الموزون لمصطلحات طاقة متعددة وبصورة عامة، كل مصطلح طاقة مرتبط مع معامل خاص به. فعملية إختيار القيم المناسبة لهذه المعاملات تكون مشكلة حساسة لما تملكه من تأثير هام على مقبولية ونوعية الحل الناتج. الطريقة الأبسط لتحديد قيمة المعامل تكون بوساطة تقنية " المحاولة و الخطأ " التي تكون مكلفة جداً من ناحية الوقت.

ج. مشكلة إيجاد مجموعة معاملات عامة [١٤] لشبكة هوبفيلد التي ممكن استخدامها لطوبولوجيات شبكات اتصالات كبيرة ومتنوعة وتحت شروط مرور مختلفة. زيادةً على استقرارية الحل الناتج بوساطة شبكة هوبفيلد يجب أن يثبت بالإحساس الرياضي وليس من خلال المحاكاة.

## ١-١٤ التسيير في شبكات الاتصالات مع الشبكات العصبية :

إن بناء خوارزمية تقرر إتجاه إرسال الرزمة بالاستناد إلى معلومات المسافة المتبقية وطول الطابور تعتمد نتائجها بقوة على موازنة هذه المعلومات. ولإنجاز هكذا تسيير في مفهوم البرامجيات، فلا يمكن تجنب استخدام خوارزمية برامجيات تنافسية معقدة. فمن المعروف أن نظام الامتلية أو التنافسي يكون كفوفاً في حل مسألة الموازنة هذه. فالشبكات العصبية من الأنظمة المعروفة في إنجاز نوعية عالية من الامتلية أو التنافسية. فتوظيف الإسلوب العصبي يبسط بكثير التنفيذ الخوارزمي للبرامجيات المعقدة، كما يوفر مرونة في التعلم المتأقلم نتيجة" للتغيرات في الطوبولوجية و المرور عن طريق تنسيق المعاملات في معادلة

الديناميكية ، بالإضافة إلى ذلك فإن الأسلوب العصبي ينجز معالجات معقدة بوساطة استخدام العصبونات والموصلات فقط ، وهذه الميزة في الشبكات العصبية تبسط بشكل كبير نظام التسيير [ ١٦ ] . وإن معمارية الشبكة العصبية قابلة للتنفيذ المادي مما يحل مسألة الامثلية ( التسيير ) بوقت قصير جداً ( بالميكرو ثانية أو نانوثانية ) [ ١٠ ] . بالإضافة إلى ذلك تمتاز الشبكات العصبية بطبيعة المعالجة المتوازية المكثفة [ ٤٥ ] . إن هذه الصفات التي تمتاز بها الشبكات العصبية تجعل منها أداة قوية لإجراء عملية القرار داخل مسوّات شبكة الاتصالات. فقد استخدمت شبكة هوبفيلد العصبية كشبكة مسوّات عصبية لاحتساب المسار الكامل في شبكة الاتصالات ، وعندما يكون لدينا  $n$  عقدة اتصالات فسوف يكون لدينا  $n^2$  عصبونا" في الشبكة العصبية [ ١٤ ] [ ١٣ ] . أما عملية القرار فتعتمد على المعلومات الشاملة التي تمثل معلومات كل شبكة الاتصالات. ولكن هذا الأسلوب يكون مكلفاً "جداً" وغير كفوء وذلك لأنه عندما تكون شبكة الاتصالات كبيرة فإن وقت احتساب الشبكة العصبية لكي تتقارب إلى الحل المقبول سيكون طويلاً جداً ، كما أنّ تحديث المعلومات الشاملة بين العقد سوف يكون عبئاً "إضافياً" على شبكة الاتصالات وذلك لأنّ عملية التحديث تتطلب جمع المعلومات من كل العقد وهذا يتطلب استخدام طريقة نشر من كل عقدة إلى العقد الأخرى في الشبكة ، بالإضافة إلى ذلك فإن التعلم يكون مشكلة مهمة أخرى وذلك لأن دالة التسيير التي تحتاج الشبكة العصبية أن تتعلمها تكون معقدة تماماً" [ ١٥ ] . أصبحت عملية الاعتماد على المعلومات الشاملة أقل قبولاً". كذلك تم استخدام الشبكات العصبية لإجراء عملية القرار بصورة لامركزية بالاعتماد على معلومات محلية [ ١٤ ] [ ١٥ ] [ ١٦ ] ، ولكن لن يُؤخذ بنظر الاعتبار عدد عقد أكبر في شبكة الاتصالات بالإضافة إلى ذلك لم تأخذ احتمالية عودة الرزمة بالاتجاه المعاكس أي دخولها في دارة. لذلك تم اقتراح شبكة عصبية شبة - شبكة هوبفيلد تتغلب على معظم المشاكل أعلاه وتمتلك الصفات التي تجعلها قادرة على تلبية اغلب الخصائص المرغوب تواجدها في خوارزمية التسيير ، حيث يتم وضع هذه الشبكة العصبية التي تمتاز ببساطتها وصغرها في كل عقدة من عقد شبكة الاتصالات وتعمل هذه الشبكات بالتوازي وبشكل مستقل عن الشبكات العصبية في العقد الأخرى ، مما يؤكد الطبيعة الموزعة في إجراء عملية القرار داخل شبكة الاتصالات. تتأقلم كل شبكة عصبية مع الظروف الحالية في شبكة الاتصالات وتستند في إجراء قرار التسيير على معلومات محلية من العقد المجاورة وتتضمن : ( أ ) إخراج كل عصبون داخل المسوّ. ( ب ) المسافة المتبقية ( عدد القفزات ) للزمة لكي تصل إلى محطة إستلامها. ( ج ) السعة الخزنية المتوفرة لدى المسوّات الجيران. هذه المعلومات تو ضع في قاعدة بيانات داخل المسوّ وتحدث دورياً" وكذلك عند إرسال أو إستلام رزمة بوساطة مدير الشبكة داخل المسوّ.

### ١٥-١ نبذة مختصرة للبحوث السابقة:

يمكن تشكيل مسألة التسيير كمسألة أمثلية ويمكن حلها بوساطة الشبكات العصبية. تعتمد الأعمال السابقة للمسوّات المستندة إلى الشبكات العصبية على معلومات عالمية حول شبكة الاتصالات . استخدم روج وونرسكي ( Rauch and Winarske ) [ ١٣ ] شبكة هوبفيلد العصبية لإيجاد المسار الأمثل في

شبكة الاتصالات ذات ١٦- عقدة بالاعتماد على المعلومات الشاملة للعقد. الخوارزمية لا تمثل انسياب الحركة الحقيقي في شبكة الاتصالات ولقد اصبح خزن وتحديث المعلومات الشاملة لشبكة الاتصالات الواسعة اقل قبولا". . استخدم فريتيج ورفاقه ( **Fritsch and et al** ) [ ١٤ ] شبكة هوبفيلد العصبية لتحديد المسار الأمثل في شبكة اتصال ذات (  $N * N$  ) عقده بالاستناد إلى المعلومات الشاملة وكانت النتائج غير مقنعة زيادةً على صعوبة تحديد قيم معلومات الشبكة. واستخدم فريتيج ورفاقه شبكة عصبية ذات تغذية أمامية لصنع قرارات التسيير كخطوة بدائية نحو الأسلوب الموزع ، ولكن هذه الخوارزمية معقدة ولا يمكن استخدامها في تطبيقات الوقت الحقيقي .

استخدم وايسيلثاير ورفاقه ( **Wieselthier et al** ) [ ١٨ ] شبكة هوبفيلد العصبية لحل مسألة التسيير بدون تداخل في الشبكات الراديوية متعددة القفزات . إذ افترض أن المسارات بين كل زوج من العقد معرفة مسبقاً باستخدام خوارزمية تقليدية ومن ثم يخصص خلية عصبية لكل مسار بين المصدر والهدف وتعتمد هذه الخوارزمية على المعلومات الشاملة لإجراء عملية القرار .

قام وانج ( **Wang** ) [ ٢٠ ] باستخدام شبكة عصبية مرتدة باتجاه معاكس ( **Recurrent neural network** ) لاحتساب المسار الأقصر بالاعتماد على معلومات عالمية من شبكة الاتصالات كلها. وقام وانج [ ٢١ ] أيضاً باقتراح شبكتين عصبيتين مرتدتين لإجراء التسيير في شبكات الاتصالات من خلال احتساب المسار الأقصر من العقدة الأصل إلى العقدة الهدف ، أطلق على الشبكة العصبية الأولى بشبكة تسيير أولية ( **primal routing network** ) التي تتكون من طبقتين من الخلايا العصبية. أما الشبكة الثانية فقد أطلق عليها شبكة تسيير مزدوجة ( **dual routing network** ). إلا أن الشبكتين كليهما تعتمدان على معلومات عالمية حول عقد شبكة الاتصالات لإجراء عملية التسيير في شبكات الاتصالات.

وقد استخدم تيسينج وكارزون ( **Tseng and Garzon** ) [ ١٥ ] مسوّ عصبية هجين متأقلم وموزع أطلقا عليه **DIANNER** الذي يستخدم شبكة عصبية ذات تغذية أمامية وطبقتين لصنع قرارات التسيير بالاستناد إلى معلومات محلية ولكن هذه الشبكة العصبية تحتاج إلى عدد أكبر من الخطوات الزمنية لكي تتعلم دالة التسيير لصنع قراراتها زيادةً على عدم الأخذ بنظر الاعتبار احتمالية عودة الرزمة بالاتجاه المعاكس .

اقترح كوروكاوا ورفاقه ( **Kurokawa et al** ) [ ١٦ ] شبكة هوبفيلد العصبية لصنع قرارات التسيير بطريقة موزعة ومتوازية بالاستناد إلى معلومات محلية. فقد اقترحوا في بحثهم أن نظام التسيير يتكون من مجموعة من الشبكات العصبية المترابطة ، تحتاج الشبكة العصبية في كل عقدة مخرجات الشبكات العصبية في العقد المجاورة خلال إنجاز عملية التسيير . على حين لم يأخذ كوروكاوا ورفاقه بنظر الاعتبار رجوع الرزمة باتجاه معاكس عن محطة الهدف زيادةً على أن نظامهم المقترح غير قابل للتطبيق في شبكات الاتصالات الحالية. استخدم هاكنين ورفاقه ( **Häkkinen et al** ) [ ١٧ ] شبكة عصبية

ذات تغذية خلفية لحل مشكلة التسيير في شبكات الاتصالات. بحيث أكدوا على مسالة المسارات الأقصر المتعددة وافترضوا وجود أكثر من طلب يراد احتساب المسار الأقصر له وبهذا فإن بعض الموصلات قد يتم تخصيصها إلى عدة طلبات بنفس الوقت لذا فإنه يتم احتساب المسار الأقصر لكل طلب من نقطة البداية إلى نقطة الهدف. وتعتمد هذه الخوارزمية على معلومات محلية من العقد المجاورة. إذ يمتاز هذا الأسلوب بتعقده زيادةً على أنه لم يأخذ بنظر الاعتبار الحمل في العقد المجاورة مما يعطي إمكانية زيادة الازدحام في الشبكة. واستخدم فيينج و دوليكرز (Feng and Douligeris) [ ١٢ ] شبكة هوبفيلد العصبية لصنع قرارات التسيير في مرحلتين: يتم في المرحلة الأولى تحديد كل المسارات الممكنة بين عقدي المصدر والهدف باستخدام خوارزمية تقليدية، أما المرحلة الأخرى فيتم فيها استخدام شبكة هوبفيلد لاختيار المسار الأمثل من بين المسارات المختارة في المرحلة الأولى. هذه الخوارزمية تستند على المعلومات الشاملة ولا يمكن استخدامها لشبكات حاسوبية أكبر زيادةً على صعوبة تحديد قيم معاملات شبكة هوبفيلد فيها. استخدم اراجو و رفاقه (Araújo et al) [ ١٩ ] شبكة عصبية لإيجاد المسار الأقصر لغرض التسيير في شبكات الاتصالات. حيث إن الطريقة المقترحة تمثل توسيع لمعمارية هوبفيلد التقليدية وحيدة الطبقة ذات التغذية الخلفية وقدم معمارية ذات طبقتين لحل مسالة المسار الأقصر الذي استخدمها لغرض التسيير. إذ إن طريقته المقترحة تعتمد على المعلومات الشاملة عند القيام بعملية إجراء القرار، زيادةً على أن المعلومات المقترحة أكثر تعقيداً من شبكة هوبفيلد التقليدية.

## ١٦-١ هدف النظام المقترح:

يهدف النظام المقترح إلى إجراء عملية التسيير بصورة موزعة ومتأقلمة ومتوازية في شبكة الإتصالات لإيجاد مسار أمثل أو جيد لإرسال البيانات لكي يُلبى طلب المستخدم في الخدمة السريعة. يستعمل النظام شبكة هوبفيلد لإجراء عملية القرار داخل المسوّ في شبكة الإتصالات، حيث توضع هذه الشبكة العصبية على كل عقدة من عقد شبكة الإتصالات وبهذه الحالة فإن الشبكة العصبية ستعتمد فقط على معلومات محلية لإجراء عملية القرار داخل العقدة التي تتضمن: (أ) إخراج كل عصبون داخل نفس العقدة. (ب) المسافة المتبقية (بالقفزات) للرزمة عن محطة إستلامها. (ج) السعة الخزنية المتوفرة في العقد المجاورة. هذه المعلومات تكون موجودة في قاعدة بيانات داخل العقدة وتحدث دورياً. وكذلك عند كل إرسال أو إستلام رزمة بوساطة مدير الشبكة داخل العقدة. وهذا أي إلى إجراء عملية التسيير بصورة متأقلمة ومرنة جداً حسب الظروف الحالية في شبكة الإتصالات، فالهدف الآخر من النظام هو إرسال الرزمة بأفضل ما يمكن مع تقليل الازدحام على شبكة الاتصالات زيادةً على منع إرسال الرزمة بالاتجاه المعاكس ودخولها بدوّارة. ويمتاز النظام المقترح بعدد من الخصائص:

❖ استخدام شبكة عصبية بسيطة وصغيرة تمتاز بعدد عصبونات قليل ومساوٍ لعدد الجيران.

- ❖ عمل النظام بشكل موزع ومتأقلم مع الظروف الحالية في شبكة الاتصالات ، فأى عطل في إحدى العقد لن يؤثر على عمل بقية العقد في شبكة الاتصالات.
- ❖ سهولة تنسيق المعاملات في دالة الطاقة.
- ❖ قللت الطريقة المقترحة من الازدحام وذلك من خلال توزيعها للحمل في شبكة الاتصالات أثناء عملها.
- ❖ يأخذ بنظر الاعتبار احتمالية دخول الرزمة في دوّارة ومنع حدوث ذلك.
- ❖ تم تطبيقها على نماذج شبكات مختلفة وبعدد عقد ٩، ١٦، ٢٤، ٥٠.

يتكون الهيكل العام للرسالة من ثلاثة فصول، حيث يتضمن الفصل الأول توضيحاً للجوانب النظرية لكل من مسألة التسيير والشبكات العصبية وكيفية استخدام الشبكات العصبية لحل مسألة التسيير يسبقه مقدمة عامة. أمّا الفصل الثاني فإنه يعطي وصفاً للطريقة المقترحة. أمّا الفصل الثالث فيبين النتائج التي تم التوصل إليها ويقدم الاستنتاجات لذلك وتوجهات العمل المستقبلي.

$c_{ij} = q_i + \delta$  (أي كلفة إرسال الرزمة من العقدة  $i$  إلى جارتها  $j$  متضمنا وقت الانتظار في الطابور ووقت الانسياب عبر الموصل).

لتكن  $\delta_h(i, j)$  تمثل الكلفة الكلية لمسار ذي  $h$  قفزة من العقدة  $i$  إلى العقدة  $j$ ،  $P_h(i, j)$  توضح المسار نفسه (متابعة العقد). لاحظ أن  $\delta_h(i, j) = \infty$  و  $P_h(i, j) = ()$  عندما لا يوجد مسار ذو  $h$  قفزة من العقدة  $i$  إلى العقدة  $j$  حيث قيمة  $\infty$  تمثل عدد الموصلات مضروبة بعدد العقد. باستخدام هذه التعاريف، نستخدم الخوارزمية التالية لإيجاد المسار الأقصر الموزون بين كل زوج من العقد  $(j, i)$ ، في الشبكة. حيث إن الوزن بين أي زوج من العقد  $i$  و  $j$  يعطى بوساطة  $c_{ij}$  في مصفوفة الكلفة:

١- الابتداء:

$$\delta_1(i, j) = c_{ij} \quad \forall \text{ لكل العقد } i \text{ و } j$$

$$P_1(i, j) = (i, j) \quad \text{إذا كانت } c_{ij} \text{ موجبة منتهية، وإلا } P_1(i, j) = ()$$

$$\text{فهرس القفزات } h=2$$

٢- طالما  $h < N$  نفذ الخطوات ٣ و ٤

٣- لكل زوج  $(j, i)$  من العقد نفذ التالي:

♦ أوجد فهرس  $L$  بحيث:

$$L = \arg \min_k \left\{ \delta_{\frac{h}{2}}(i, k) + \delta_{\frac{h}{2}}(k, j) \right\} \quad (1.3)$$

♦ حدث  $\delta_h(i, j)$  كما يأتي:

$$\delta_h(i, j) = \delta_{\frac{h}{2}}(i, L) + \delta_{\frac{h}{2}}(L, j) \quad (1.4)$$

♦ حدث المسار  $P_h(i, j)$  كما يأتي:

- إذا كان  $\delta_h(i, j) < \delta_{\frac{h}{2}}(i, j)$  فان

$$P_h(i, j) = \text{concat}(P_{\frac{h}{2}}(i, L), P_{\frac{h}{2}}(L, j)) \quad (1.5)$$

- إذا كان  $\delta_h(i, j) \geq \delta_{\frac{h}{2}}(i, j)$  فان

$$P_h(i, j) = P_{\frac{h}{2}}(i, j) \quad (1.6)$$

$$h = 2 * h$$

-٤

عملية الدمج (concat) تأخذ المتتابعتين من العقد (المسارين) مثلًا  $(X^1, X^2, X^3, \dots, X^m)$  و  $(Y^1, Y^2, Y^3, \dots, Y^n)$  وتعطي متتابعة أطول حيث تدمج كلا المتتابعتين كما يأتي:

**Concat**

$$((X^1, X^2, X^3, \dots, X^m), (Y^1, Y^2, Y^3, \dots, Y^n)) = (X^1, X^2, X^3, \dots, X^m, Y^1, Y^2, Y^3, \dots, Y^n)$$

حيث إن شرط الدمج يكون  $X^m = Y^1$ . إن تعقيدات الوقت لخوارزمية المسار الأقصر الموزون  $O(n^3 \log_2 n)$ ، حيث  $n$  تمثل عدد العقد في الشبكة.

تحتوي كل عقدة في الشبكة على منظومة التجاور  $C$  وتستخدم الخوارزمية أعلاه، فهي تحسب المسار الأقصر إلى أي عقدة. وعندما تريد العقدة  $x$  إرسال رزمة إلى العقدة  $d$ ، فإنها توجد أفضل جار  $y$  لكي ترسل له الرزمة كما يأتي:

أ. تحسب المنظومتين  $\delta_n$  و  $P_n$  كما مبين أعلاه.

ب. من  $P_n$  نحصل على أفضل مسار  $P_n(x, d)$  من العقدة  $x$  إلى العقدة  $d$ .

ت. العقدة الثانية في المسار  $P_n(x, d)$  هي أفضل جار الذي سترسل له الرزمة (أول عقدة تمثل  $x$  نفسها).

تنفذ هذه الخطوات الثلاث لكل رزمة ولكل قفزة، وفي كل وقت تستخدم منظومة التجاور  $C$  كاملة. وكما مبين سابقاً، ربما تتغير المنظومة  $C$  بتغير مستوى الحمل أو الطوبولوجية للشبكة. وحيث إن كل عقدة تحتفظ بالحالة الحالية للشبكة فيجب أن تمتلك جميع العقد نفس المنظومة  $C$ . وبعبارة أخرى كل العقد يجب أن تمتلك نظرة عالمية للشبكة. ولكن مع تزايد حجم شبكات الاتصالات أصبحت عملية الاعتماد على المعلومات الشاملة أقل قبولاً بسبب الكلفة الكبيرة لعملية جمع المعلومات من جميع العقد في شبكة الاتصالات [٣][٣١].

### ١-٢١-٣ تسيير بيلمان-فورد الموزع (Distributed Belman-Ford Routing):

اصبح من غير الممكن الاحتفاظ بالحالة الحالية لجميع العقد في الشبكة في كل الأوقات، فبدلاً من ذلك يمكن الاحتفاظ بالنظرة المحلية للشبكة بوساطة كل عقدة ومن ثم يمكن أن تحدث مع التغيرات الحاصلة في الشبكة. واحد الأساليب المستخدمة يدعى بالتسيير المستند إلى متجه المسافة (Distance-**vector routing**) المستخدم في أنظمة شبكات الاتصالات الحديثة [٣]. تمثل خوارزمية بيلمان-فورد واحدة من أكثر الخوارزميات شيوعاً واستخداماً وتدعى بخوارزمية التسيير المستندة إلى متجه المسافة المتأقلم. كل عقدة  $x$  في تسيير بيلمان-فورد تحتفظ بجدولين لخزن نظرتها حول الشبكة [٣١]:

- جدول الكلفة  $(d) \text{ COST}_x$  :  $\text{COST}_x \rightarrow V$  التي تحتوي على اقل كلفة تتطلبها الرزمة في ذهابها من العقدة  $x$  إلى محطة الاستلام  $d$  ( $\text{COST}_x = 0$ ).
- جدول التسيير  $(d) \text{ Rtb}_x$  :  $V \rightarrow N(x)$  ، حيث  $N(x)$  تمثل مجموعة جيران العقدة  $x$  ، والتي تحتوي على افضل جار للعقدة  $x$  لإرسال الرزمة باتجاه محطة الاستلام  $(\text{Rtb}_x(x) \text{ d} = x)$ .

تمثل  $V$  مجموعة كل العقد في الشبكة. تم الأخذ بنظر الاعتبار إصدارين من تسيير بيلمان-فوردم وذلك لوجود طريقتين مختلفتين لتفسير كلفة تسليم الرزمة. تم قياس الكلفة في الإصدار الأول  $\text{BF}^1$  بعدد القفزات ويشار إلى جدول الكلفة  $(d) \text{ H}_x$  ، على حين تم قياس الكلفة في الإصدار الثاني  $\text{BF}^2$  بوقت تسليم الرزمة ويشار إلى جدول الكلفة  $(d) \text{ T}_x$  ، ويشار إلى جدول التسيير في كلا الإصدارين  $(d) \text{ R}_x$ . يحدث كل من جدول الكلفة وجدول التسيير عندما تتغير حالة الشبكة. هذه التحديثات تحصل خلال تبادلات متكررة لجدول الكلفة بين الجيران.

نسبة التبادل يحددها العامل  $f$  الذي يمثل احتمالية إرسال عقدة لجدول كلفتها إلى جارها في كل خطوة زمنية.

### ١-٢-١-٣-١ تحديثات الجداول:

بما أن تفسير الكلفة مختلف لكل من الإصدارين  $\text{BF}^1$  و  $\text{BF}^2$  لذلك فإن قواعد التحديث لهما ستكون مختلفة. عندما العقدة  $y \in N(x)$  في  $\text{BF}^1$  ترسل جدول كلفتها  $(*) \text{ H}_y$  إلى جارها العقدة  $x$  وستحدث الكلفة كما يأتي :

$$\forall d \in V, H_x(d)^{upd} = \begin{cases} 0, & \text{if } x = d \\ 1, & \text{if } y = d \\ \min(n, 1 + H_y(d)), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1.8)$$

حيث  $n$  تمثل العدد الكلي للعقد في الشبكة و  $d$  تمثل العقدة المستلمة على حين  $y$  تمثل أحد جيران العقدة  $x$ . جدول التسيير  $(*) \text{ R}_x$  للعقدة  $x$  يحدث كما يأتي :

$$\forall d \in V, R_x(d)^{upd} = \begin{cases} y, & \text{if } H_x(d)^{upd} < H_x(d)^{old} \\ R_x(d)^{old}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1.9)$$

لقد وجدت قواعد التحديث لجدول التسيير والكلفة أعلاه لكي تتقارب إلى سياسة المسار الأقصر حتى إذا هيئت مدخلات الجداول في البداية عشوائيا. أما قواعد التحديث في  $\text{BF}^2$  فهي كما يأتي: عندما ترسل العقدة  $y \in N(x)$  جدول الكلفة  $(*) \text{ T}_y$  إلى جارها العقدة  $x$  فإن جدول الكلفة للعقدة  $x$  يحدث كما يأتي:

$$\forall d \in V, T_x(d)^{upd} = \begin{cases} 0, & \text{if } x = d \\ \delta, & \text{if } y = d \\ (1-\eta)T_x(d)^{old} + \eta(\delta + q_y + T_y(d)), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1.10)$$

حيث  $\delta$  تمثل تأخير الإرسال للموصل بين العقدتين  $x$  و  $y$ ، على حين تمثل  $q_y$  طول الطابور للعقدة  $y$ ، أما  $\eta$  فتتمثل نسبة التعلم حيث  $0 \leq \eta \leq 1$ . جدول التسيير  $R_x$  (\*) للعقدة  $x$  يحدث بصورة مشابهة:

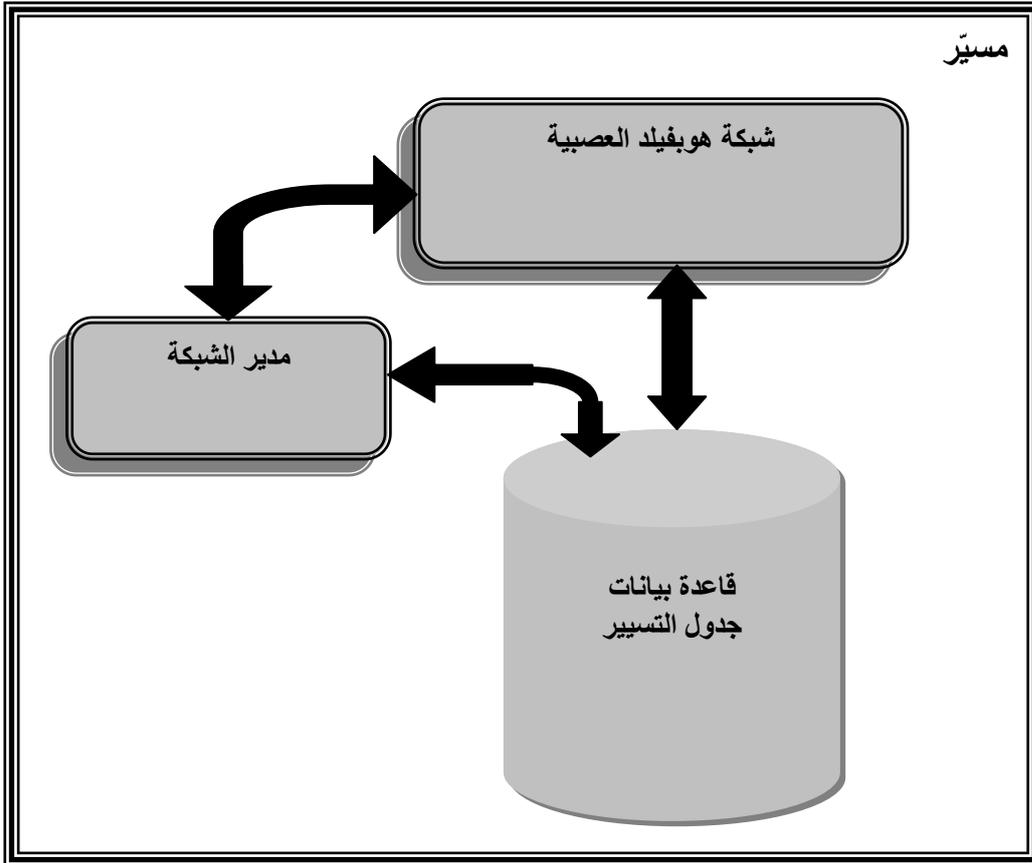
$$\forall d \in V, R_x(d)^{upd} = \begin{cases} y, & \text{if } T_x(d)^{upd} < T_x(d)^{old} \\ R_x(d)^{old}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1.11)$$

### ١-١٢-٣-٢ تحليل عبء خوارزمية بيلمان-فورد :

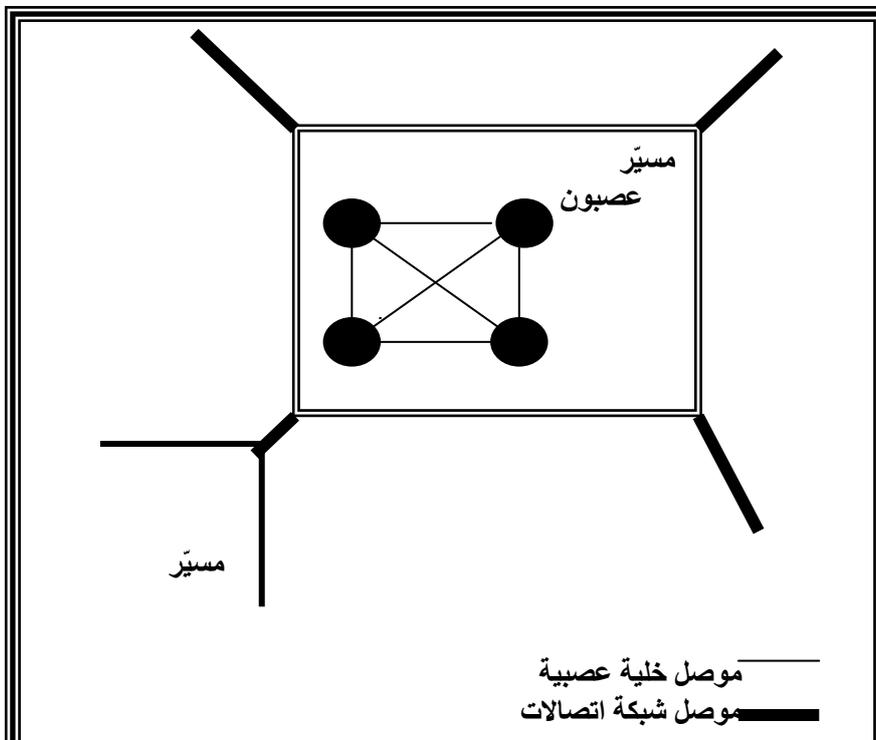
الخزن وتحديث معلومات التسيير ( أي جداول الكلفة ) لكل منها عبئه الخاص. كل عقدة يكون فيها حجم جدول التسيير و جدول الكلفة في كل من  $BF1$  و  $BF2$   $O(n)$ . إذن فالعبء الكلي للخزن في تسيير بيلمان-فورد  $O(n^2)$ . العبء الأكثر أهمية هو عبء التحديث، والذي ينتج من إرسال جداول الكلف إلى العقد المجاورة مستهلكا موارد الشبكة [٣١]. المساوي الأساسية لخوارزمية بيلمان-فورد الموزعة تتمثل في مشكلة دوارات جدول التسيير والعد إلى ما لانهاية (Count to Infinite). دوارة جدول التسيير تمثل المسار المحدد في جدول تسيير المسير في نقطة معينة من الوقت بحيث إن هذا المسار يزور نفس المسير اكثر من مرة قبل وصوله إلى محطة الاستلام. ويقال للمسوّ بأنه يعد إلى ما لانهاية عندما تزيد مسافته خلال رحلته إلى محطة الاستلام حتى تصل إلى القيمة القصوى المحددة مسبقا [٢٤]. بعض الحلول مثل (Split Horizon with Poisonous Reverse) اقترحت للتغلب على هذه المشاكل ولكن أثبتت عدم كفاءتها في حالة ثلاث مسيرات متجاورة تعد إلى ما لانهاية ( أي إنها تدخل في دّوارة) [٢٢].

## ١-٢ النظام المقترح:

يتكون نظام التسيير الموزع المقترح من شبكة عصبية مرتبطة بصورة كاملة بالإضافة إلى قاعدة بيانات التسيير التي تتضمن معلومات عن المسوّات الجيران كما مبين في الشكل (١-٢). يتم توزيع هذا النظام على كل عقدة من عقد شبكة الاتصالات بحيث إن كل عقدة تقرر مسارها بصورة مستقلة عن العقد الأخرى وفي أي لحظة زمنية.



يبين الشكل



## شكل (٢-٢): شبكة هوبفيلد داخل مسير بأربع جيران

تتكون الشبكة العصبية المرتبطة بصورة كاملة من عدد من العصبونات التي تكون مساوية لعدد المسوّات الجيران والتي تربط بها بشكل مباشر (أي هناك عصبون واحد فقط لكل موصل اتصالات). يمتلك كل مسوّ القابلية على إرسال رزمة واحدة فقط إلى المسوّات الأخرى بنفس الوقت. ويمتلك فراغ ذاكرة (طابور) محدد. يتطلب النظام معلومات محلية فقط التي تتضمن: إخراج كل عصبون داخل نفس المسوّ، الذاكرة الحرة المتوفرة لدى المسوّات الجيران، والمسافات المتبقية (بالقفزات) للرزيم عن محطات إستلامها. تشير المسافة المتبقية إلى مسافة المسار الأقصر. سوف نفترض أنّ المعلومات مخزونة في قاعدة بيانات وتحديث بواسطة مدير الشبكة داخل كل مسوّ. ويقترح هذا البحث إضافة حقلين إلى صديرة الرزمة يحتويان على:

١. الذاكرة الحرة المتوفرة لدى مرسل الرزمة أو الإعلام.

٢. المسافة من المصدر (إذا كان مرسلًا) أو إلى الغاية (إذا كان مستلمًا).

بالإضافة إلى ذلك الاستفادة من أحد حقول الاختيارات الموجودة في صديرة الرزمة في حفظ المسار الجزئي الذي سلكته الرزمة (يضيف كل مسوّ في المسار رقم عقده).

جدول التسيير في المسوّ المرسل يتم تحديثه بالاستناد إلى المعلومات الموجودة في الإعلام الذي يأتي من المسوّ المستلم. وعندما يرسل المسوّ المرسل رزمة إلى أحد جيرانه، فيمكن أن تحمل الرزمة معلومات عن جدول تسيير المسوّ المرسل. وعندما يأخذ المسوّ المتسلم هذه الرزمة فيأمكنه استخدام هذه المعلومات لتحديث جدول التسيير لديه [٣١]. بالإضافة إلى ذلك كل مسوّ ينشر حالته إلى كل جيرانه كل ٣٠ ثانية، المسوّ الذي لا يرسل حالته خلال ١٨٠ ثانية يُعدّ عاطلاً عن العمل [٢٥]. إنّ ذلك سوف يساهم بشكل كبير في جعل جداول التسيير داخل المسوّات تحتوي على أحدث ما يمكن من المعلومات داخل شبكة الاتصالات وهذا سيلعب دوراً مهماً في التأقلم السريع للشبكة العصبية داخل المسوّ للمرور الحالي داخل بيئة شبكة الاتصالات. وإنّ الوظيفة الأساسية لمدير الشبكة [١٥] هو التفاعل مع شبكة الاتصالات والشبكة العصبية ومع قاعدة بيانات جدول التسيير داخل المسوّ. فهو ينظر في المعلومات داخل صديرة الرزمة عندما يستق بلها من المستخدم أو المسوّ الجار الوسطي، ويحدث جدول التسيير الخاص به ويرسلها إلى الشبكة العصبية لغرض إجراء قرار التسيير. فإذا كان المسوّ الهدف للرزمة هو المسوّ الحالي، فإنّ مدير الشبكة سوف يسترجع المعلومات من الرزمة ويرسلها إلى الشبكة الفرعية المقصودة وكذلك يرسل رزمة إعلام وصول إلى المسوّ المرسل، وعدا ذلك، فإن الشبكة العصبية ستزود عنوان المسوّ الجار الوسطي الذي من خلاله سترسل الرزمة. وعندما يصل إعلام الوصول إلى المسوّ، فإنّ مدير الشبكة بذلك المسوّ سوف يسترجع المعلومات الموجودة في الرزمة ويحدّث جدول التسيير طبقاً لهذه المعلومات. يتبادل مدير الشبكة مع جيران المسوّ معلومات الحالة الحالية كل مدة زمنية من خلال

تبادل هياكل سيطرة (Control Frames) صغيرة لتحديث جداول التسيير التي تتضمن معلومات تستخدم بوساطة الشبكة العصبية عند قيامها بإجراء قرار تسيير على الرزمة. وهيكـل جدول التسيير المستخدم في بحثنا هو كما مبين في شكل (٢-٣) حيث يتضمن الحقل الأول عناوين الشبكات داخل شبكة الاتصالات ، أمّا العمود الثاني فيتضمن قائمة بالمسوّات الجيران لكل شبكة ، في حين يتكون الحقل الثالث من متجه مسافات المسارات بالمسارات الأقصر من المسوّ الجار إلى بقية الشبكات في شبكة الاتصالات ، ويتضمن الحقل الأخير متجه يحتوي على السعة الخزنـية المتوا فرة لدى كل مسوّ جار للمسوّ الحالي.

السعة الحرّة المتوافرة	المسافة المتبقية	المسير التالي	الشبكة الهدف
---------------------------	------------------	---------------	--------------

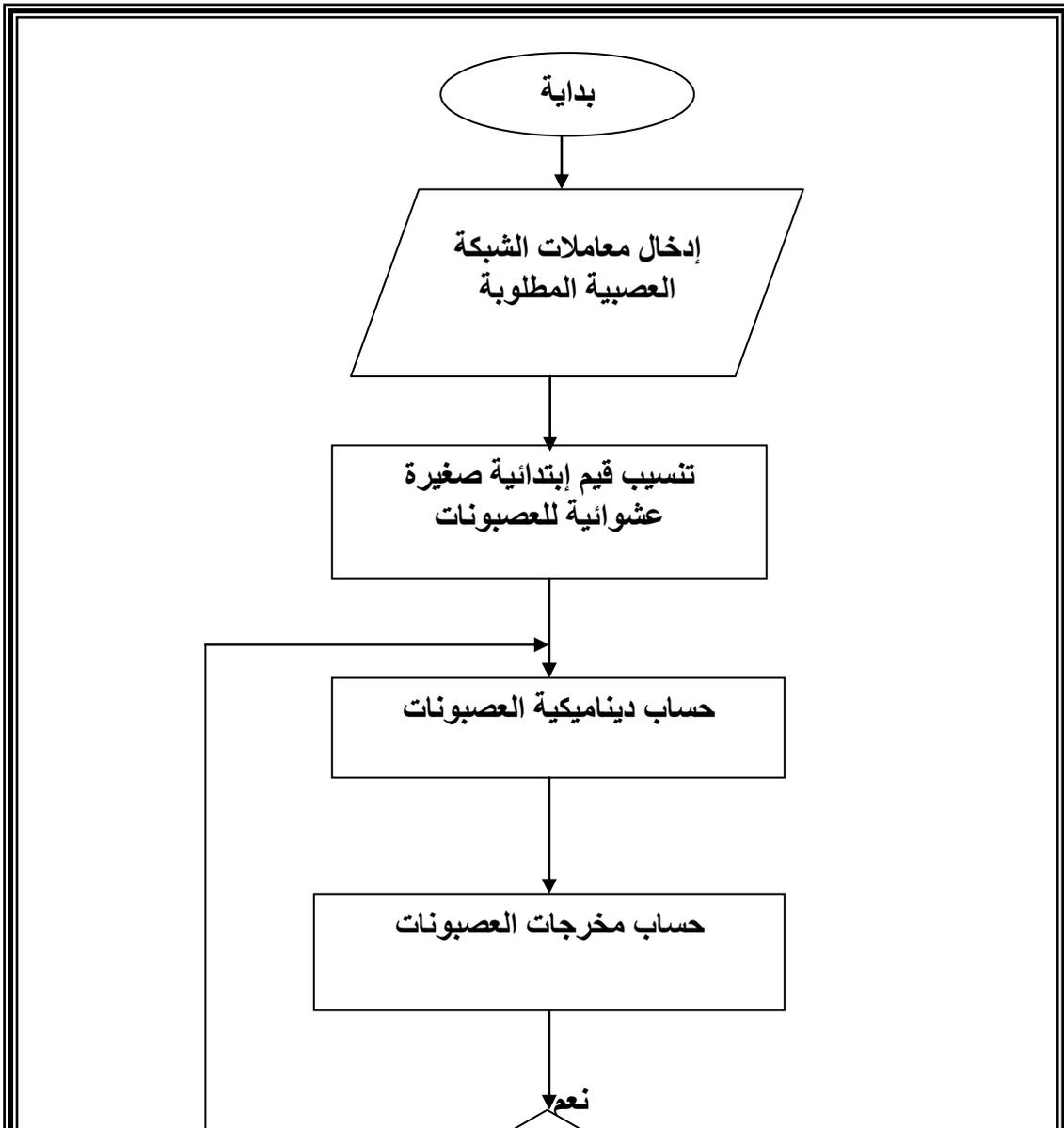
شكل (٢-٣): هيكل جدول التسيير

## ٢-٢ هيكل عمل الشبكة العصبية المقترحة:

تم استخدام شبكة هوبفيلد العصبية المتصلة التي تم توضيحها في الفصل الأول ، الفقرة (١-١٤-١) (٢-٧) . حيث تقوم هذه الشبكة العصبية بحل مسألة الامثلية والمتمثلة في اختيار المسوّ التالي للرزمة من اجل إرسالها نحو هدفها وذلك استناداً إلى معلومات المسافة المتبقية عن الهدف والسعة المتوافرة لدى كل جار للمسوّ الحالي ، ومن ثم يتم توزيع هذه الشبكة العصبية على كل عقدة من عقد شبكة الاتصالات لتقوم بعملها بشكل مستقل وبناءً على الظروف الحالية في شبكة الاتصالات. حيث سيتم تطبيق نظام موزع متأقلم متوازي لغرض التسيير في شبكة الاتصالات مع القيود الآتية:

- رزمة واحدة فقط لكل مسوّ يمكن إرسالها إلى المسوّ الجار في الوقت نفسه.
- يجب إرسال الرزمة إلى مسوّ جار بحيث يؤدي ذلك إلى توزيع الحمل في شبكة الاتصالات.
- يجب إرسال الرزم إلى المسوّات الجيران بحيث يتم تقليل المسافات المتبقية عن المسوّات الهدف.

يوضح الشكل (٢-٤) المخطط الانسيابي لعمل الشبكة العصبية المقترحة:



وفيما يأتي توضيح لخطوات التعلم الموضحة في المخطط الانسيابي :

١- الدالة العشوائية  $\text{Rand}()$  المتوفرة بلغة  $\text{Visual C++}$  الإصدار ٦ لإيجاد القيم الابتدائية الصغيرة العشوائية لعصبونات الشبكة العصبية وحسب المدى المحدد تبعاً للعلاقة الآتية:

$$(٢.١)$$

حيث إن  $[0, \alpha]$  يمثل المدى للقيم الابتدائية  $(\text{Rand}() \times 100) / 100$  ويتم تحديد  $\alpha$  وفقاً لفعالية (مخرجات) العصبونات ابتدائياً بتطبيق دالة تنشيط سيجماوية أحادية القطب مع  $\lambda = 3$  على حالة العصبونات الابتدائية التي حصلنا عليها من المعادلة (٢.١) وبذلك يتم الحصول على فعالية العصبونات الابتدائية.

٢- يتم حساب ديناميكية العصبون  $y$  (داخل المسوّ  $x$ ) من خلال معادلة الديناميكية الموضحة في المعادلة (٢.٢).

$$U_y^x = U_y^x - C1 \left( \sum_{i \in N^x} W_{iy}^x V_i^x \right) + C2 \left( AFB^y - V_y^x \right)$$

(٢.٢)

$$+ C3 \left\langle 1 - \left( A_{NB_y^x} + \frac{RD^y}{C4} \right) \right\rangle$$

حيث إن  $W_{iy}^x$  يمثل وزن الموصل العصبي بين العصبون  $i$  والعصبون  $y$  (داخل المسوّ  $x$ ) ويُعطى

على النحو الآتي:

$$W_{iy}^x = \begin{cases} 1 & \text{إذا } i \neq y \\ 0 & \text{خلافاً لذلك} \end{cases}$$

$U_y^x$  : تمثل حالة العصبون  $y$  داخل المستوى  $x$  .

$V_y^x$  : تمثل إخراج العصبون  $y$  داخل المستوى  $x$  .

$AFB^y$  : تمثل حجم السعة الحرة المتوافرة في الخزان الانتقالي داخل المستوى  $y$  .

$RD^y$  : تمثل المسافة المتبقية الأقصر عن محطة الاستلام.

$N^x$  : تمثل مجموعة العصبونات داخل المستوى  $x$  .

$Nb_y^x$  : تمثل رقم المستوى الجار عبر الموصل الممثل بالعصبون  $y$  للمستوى  $x$  .

$c^1, c^2, c^3, c^4$  : تمثل معاملات معادلة ديناميكية العصبون.

$A_{Nb_y^x}$  : تمثل قائمة الزيارة حيث إن  $Nb_y^x$  يمثل رقم المستوى الجار للمستوى  $x$ . تُنسب لعناصر

هذه القائمة غير الموجودة في قائمة المسار المحمولة في الرزمة قيمةً صفريةً وتلك الموجودة القيمة ٥. هذه القائمة تُرسل إلى الشبكة العصبية مع البارامترات الأخرى. إنَّ حجم قائمة المسار المحمولة في الرزمة يمثل الحد الأقصى لعدد المستويات المسموح للرزمة زيارتها أثناء حياتها في الشبكة ، حيث إنَّ كل مستوى وصله الرزمة يسجل عنوانه في تلك القائمة. يُنسب مدير الشبكة في المستوى قيمةً لقائمة الزيارة اعتماداً على قائمة المسار المحمولة في الرزمة. ويُستفاد من قائمة الزيارة في استبعاد المستويات التي يتم زيارتها مسبقاً بوساطة الرزمة تلافياً للوقوع في دَوَّارة غير منتهية تؤدي إلى فقدان الرزمة.

يمثل المصطلح  $e^1$  في المعادلة (٢.٢) القيد (أ) على حين يمثل المصطلح  $e^2$  القيد (ب) ويمثل المصطلح  $e^3$  القيد (ج). فعندما يكون المصطلح  $e^2$  كبيراً فهذا يعني أنَّ السعة الحرة المتوافرة سوف تكون كبيرة ، وإذا كان المصطلح  $e^3$  كبيراً ، فهذا يعني أنَّ المسافة المتبقية عن محطة الهدف ستكون قصيرة.

٣- حساب مخرجات العصبونات في الشبكة العصبية حيث يتم نمذجة العصبون  $y$  كوسيلة لاختبية مع الخصائص السيجماوية المعطاة بالمعادلة (٢.٣) مع  $\lambda = 3$  .

$$V_y^x = \frac{1}{1 + \exp(-\lambda U_y^x)} \quad (٢.٣)$$

حيث إنَّ  $V_y^x$  يمثل إخراج العصبون في حالة الإدخال  $U_y^x$  داخل المستوى  $x$ .

تُحَثُّ الحالات الداخلية ومخرجات العصبونات بواسطة المعادلتين (٢.٢) و(٢.٣) ، وتتنافس هذه العصبونات فيما بينها حتى يتم فوز واحدة فقط من بين هذه العصبونات. وكما مبين سابقاً. إنَّ  $V_y^x$  هي إخراج العصبون  $y$  داخل المسوّ  $x$  الذي يملك موصل اتصالات إلى المسوّ  $y$ . وبما أنَّ إخراج كل عصبون يزداد أو يتقلص بصورة تنافسية ضمن نفس المسوّ ، فيمكن عدّه  $V_y^x$  تمثيلاً لاحتماليات إرسال الرزمة إلى المسوّ  $y$  من المسوّ  $x$ .

يستند مفهوم حالة العصبونات المعطاة بالمعادلة (٢.٢) إلى سياسة شبكة هوبفيلد العصبية ، على كل حال هنالك فرق مهم بين شبكة هوبفيلد الأصلية وشبكة هوبفيلد المستخدمة في نظامنا :

- ❖ التحديث في نظامنا يعتمد بقوة على إخراج كل العصبونات على حين أنَّ التحديث في شبكة هوبفيلد الأصلية يعتمد فقط على مخرجات العصبونات الأخرى في الشبكة.
- ❖ بما أنَّ نظام التسيير في كل مسوّ أعدَّ شبكة عصبية صغيرة سوف نعدُّ  $e^2$  و  $e^3$  هي مدخلات تحيز متغيّرة.

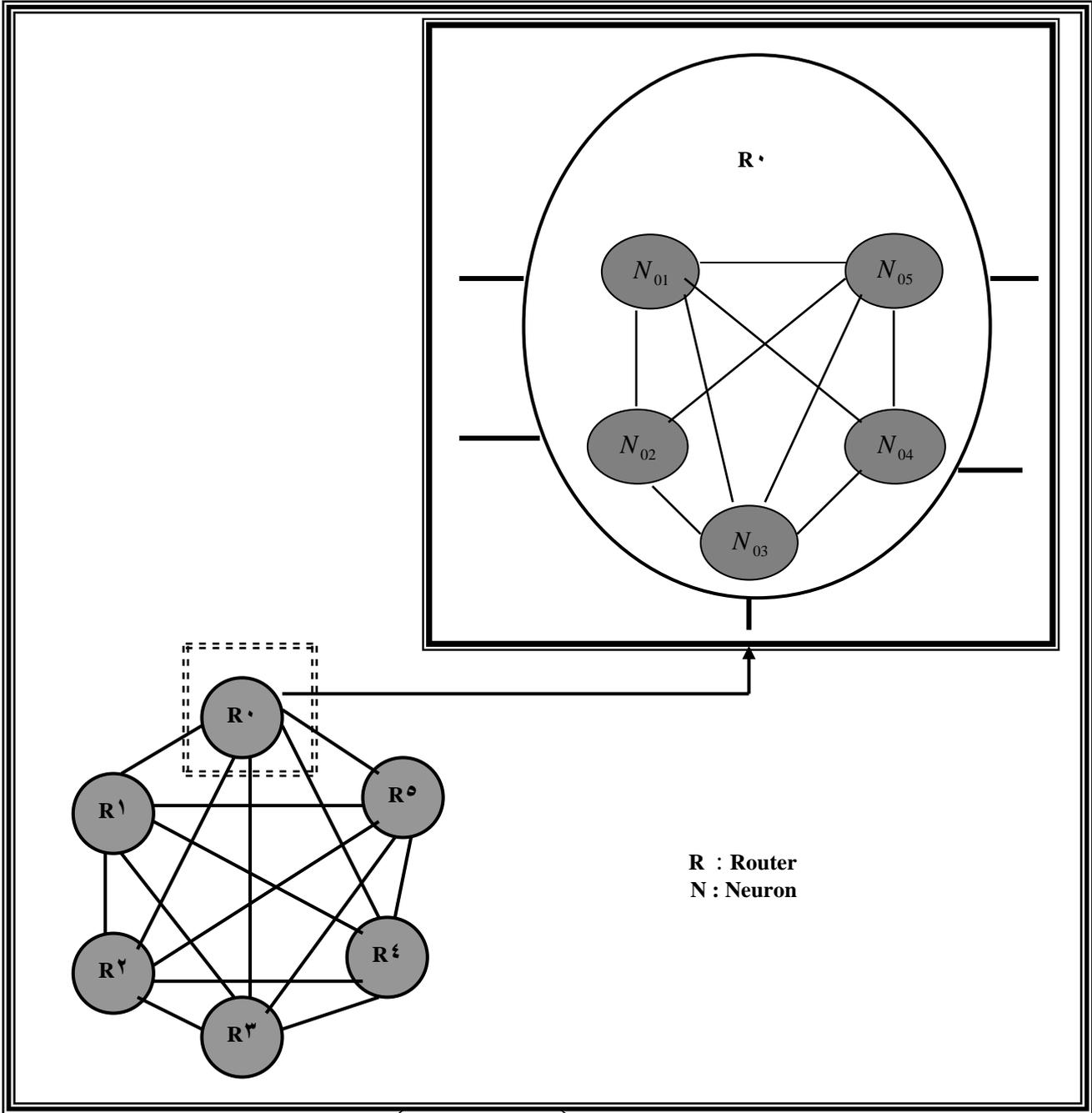
وبأخذ هذه الاختلافات عن شبكة هوبفيلد الأصلية في الحساب ، يمكن إعتبار الشبكة العصبية داخل كل مسوّ شبكة تنافسية (Winner-Take-All) التي تحدد انسياب الرزم في النظام. فعندما تكون حالة إخراج العصبون  $y$  ،  $V_y^x \cong 1$  ، فإنَّ المسوّ  $x$  سيرسل رزمة إلى المسوّ  $y$  ، ومن ناحية أخرى ، إذا  $V_z^x \cong 0$  ، فإنَّ المسوّ  $x$  سوف لا يرسل أي رزمة إلى المسوّ  $z$ . عصبون واحد فقط داخل كل مسوّ يحتفظ بالقيمة ١ ، وعندما يكون إخراج العصبون  $V_y^x$  واحداً ، فالرزمة الموجودة في رأس طابور المسوّ  $x$  سترسل إلى المسوّ  $y$ . على سبيل المثال لو أخذنا مثلاً لشبكة اتصالات تتكون من ٦ مسّوات كما مبين في الشكل (٥-٢). حيث إنَّ العصبون  $N_{05}$  يمثل الموصل بين المسوّ ٠ والمسوّ ٥. كما لو أخذنا الحالتين الآتيتين:

$$-١) (0, 1, 0, 0, 0, 0) = (V_{05}, V_{04}, V_{03}, V_{02}, V_{01})$$

تعني بان الرزمة في قمة طابور المسوّ ( ٠ ) ترسل إلى المسوّ ( ٤ ).

$$-٢) (0, 0, 0, 0, 1, 0) = (V_{35}, V_{34}, V_{32}, V_{31}, V_{30})$$

تعني بان الرزمة في قمة طابور المسوّ ( ٣ ) ترسل إلى المسوّ ( ١ ).



$$E^x = \frac{1}{2} C1 \sum_{y \in N^x} V_y^x \left( \sum_{i \in N^x} W_{iy}^x V_i^x \right) - C2 \sum_{y \in N^x} \left\{ AFB^y - V_y^x \right\} V_y^x \tag{٢.٤}$$

$$+ \frac{1}{2} C2 \sum_{y \in N^x} (V_y^x)^2 - C3 \sum_{y \in N^x} V_y^x \left( 1 - \left\{ A_{Nb_y^x} + \frac{RD^y}{C4} \right\} \right)$$

يمثل الحدان الأول والثالث في دالة الطاقة حدي تخميد التي تُعد خاصية تُنسب إلى (Winner-Take-All). في حين أن الحدين الثاني والرابع بالمعادلة (٢.٤) يوضحان شروط الحمل داخل المسوّ والمسافة المتبقية عن المسوّ المستلم على التوالي.

• **المعاملات في دالة حالة العصبون:**

يقوم المعاملان  $C_2$  و  $C_3$  بمهمة الموازنة بين القيد (ب) و (ج) وهذا يعني :

◀ عندما تكون  $C_2$  كبيرة فهذا يؤدي إلى إعطاء أهمية أكبر للقيد (ب).

◀ عندما تكون  $C_3$  كبيرة فهذا يؤدي إلى إعطاء أهمية أكبر للقيد (ج).

يعتمد أداء النظام المقترح على نسبة المعاملين  $C_2$  و  $C_3$  في المعادلة (٢.٢). الآن دعنا نعرف المعامل  $\rho$  الذي يقوم بتوزيع الأهمية على كل من المعاملين  $C_2$  و  $C_3$  وفي معادلة حالة العصبون وكما يلي :

$$C_1 = 1, C_2 = \frac{\rho}{\delta_y}, C_3 = 1 - \rho, C_4 = d_{\max}$$

حيث إن  $0 \leq \rho \leq 1$

$\delta_y$  : تمثل أقصى سعة للطابور داخل المسوّ  $y$ .

فعندما يكون المعامل  $\rho$  كبيراً فإن ذلك يعني إعطاء أهمية أكبر للقيد (ب) وبالعكس. عندما يكون

$\rho$  صغيراً فإن ذلك يعني إعطاء أهمية أكبر للقيد (ج). بينما تمثل  $d_{\max}$

الطول الأطول من بين المسارات الأقصر في شبكة الاتصالات.

• **منظومة الزيارة  $A$  في معادلة حالة العصبون:**

يوجد ضمن صديرة الرزمة ما يدعى بالاختيارات (Options) التي تتكون من عدد من الحقول التي تتضمن معلومات قد تستخدمها الرزمة خلال عملية إرسالها ومن بين هذه الحقول ، حقل تسجيل المسار (Record Route) الذي يخبر المسوّات على طول المسار بإضافة عناوينها إلى قائمة ضمن ذلك الحقل. وهذا يسمح لمدير النظام بتعقب الأخطاء في خوارزميات التسيير [٢٥] [٣]. وبذلك يمكن لقائمة الزيارة  $A$  المستخدمة في معادلة ديناميكية العصبون التي يعرف مدير الشبكة في المسوّ قيمها اعتماداً على محتوى قائمة المسار المحمولة في الرزمة المساعدة على تجنب إختيار جار تمت زيارته سابقاً ، فحين وصول الرزمة عند كل مسوّ يتم إعطاء القائمة  $A$  قيمةً صفرية للعناصر الممثلة للمسوّات التي لم يتم زيارتها سابقاً في حين تعطى العناصر الممثلة للمسوّات التي تم زيارتها سابقاً قيمة ثابتة ولتكن  $\bullet$ . وبذلك تتجنب خوارزمية التسيير إختيار المسوّات التي تم

زيارتها سابقاً خلال عملية القرار واثناء رحلة الرزمة من الأصل إلى الهدف. هذا الإسلوب يقع ضمن مفهوم الذكاء الاصطناعي حيث يتم استبعاد العقدة التي تم زيارتها سابقاً من مسار البحث.

٤- إن عملية الوصول إلى قرار يتم من خلال الشرط الآتي:

$$if ((V_y^x \geq 0.9) \parallel (Maxiter \geq 20))$$

*break*

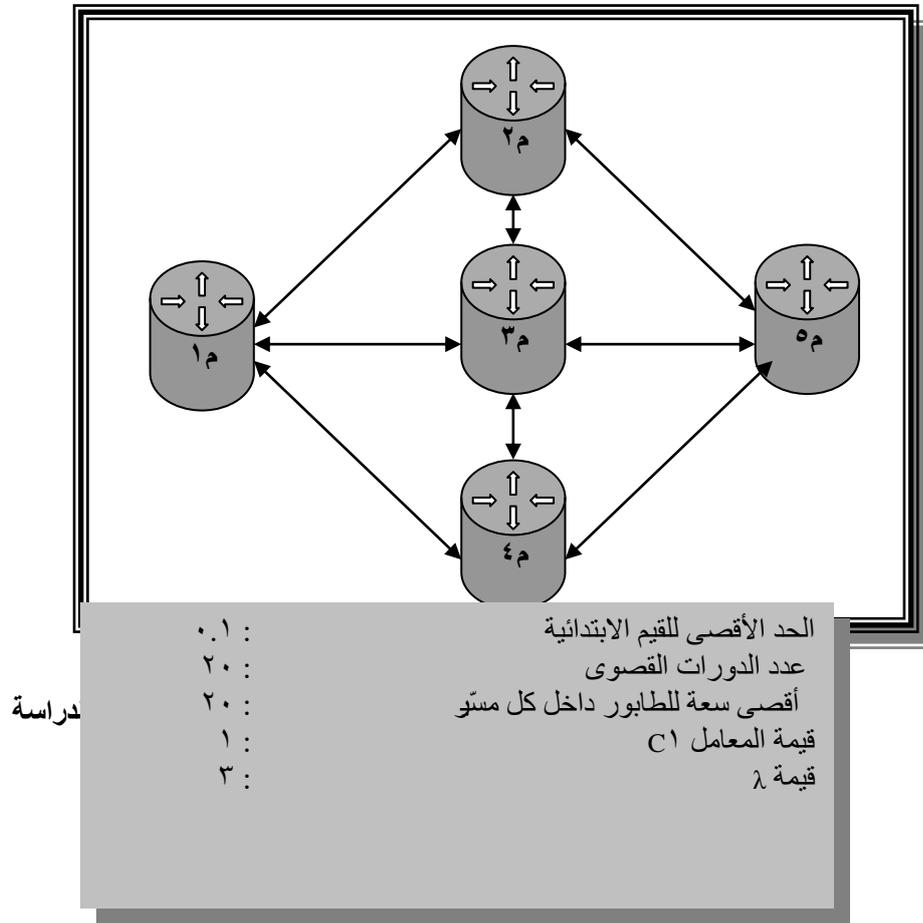
وعند تحقق ذلك الشرط يتم الخروج من عملية المنافسة وإختيار العصبون ذي القيمة الأعلى ليكون هو الفائز والذي يمثل عنوان المسوّ التالي الذي سترسل له الرزمة باتجاه المسوّ الهدف المستلم.

### ١-٣ إنجازية النظام المقترح :

لدراسة إنجازية النظام المقترح والموضح في الفصل السابق والمستخدم لإجراء عملية القرار داخل مسيرات شبكة الاتصالات ، فقد تم دراسة ديناميكية العصبونات في إجراء عملية القرار ، كما تم محاكاة النظام المقترح على عدة أمثلة لشبكات الاتصالات وتوضح كيفية عمله في إتخاذ القرار من أجل إيصال الرزمة من المصدر إلى الهدف.

#### ١-١-٣ دراسة ديناميكية العصبونات في الشبكة العصبية المقترحة :

لنأخذ مثال شبكة الاتصالات المتكونة من خمس مسيرات والمبين في الشكل (١-٣) ، حيث أن الجدول (١-٣) يبين المعاملات الأساسية المستعملة ولكافة التجارب في هذه الدراسة.



#### التجربة الأولى:

الحالة الأولى: الآن نفترض بأن الرزمة داخل المسير ٢م يراد إرسالها إلى المسير التالي باتجاه المسير المستلم ٤م وأن السعة الحرة المتوافرة داخل المسيرات ١م ، ٣م ، ٥م هي ١٠ ، ١٦ ، ٨ على التوالي ، والمسافات المتبقية هي ١ ، ٢ ، ١ على التوالي. وباعتبار  $\rho = ٠.٥$  فإن الرزمة سترسل إلى المسير

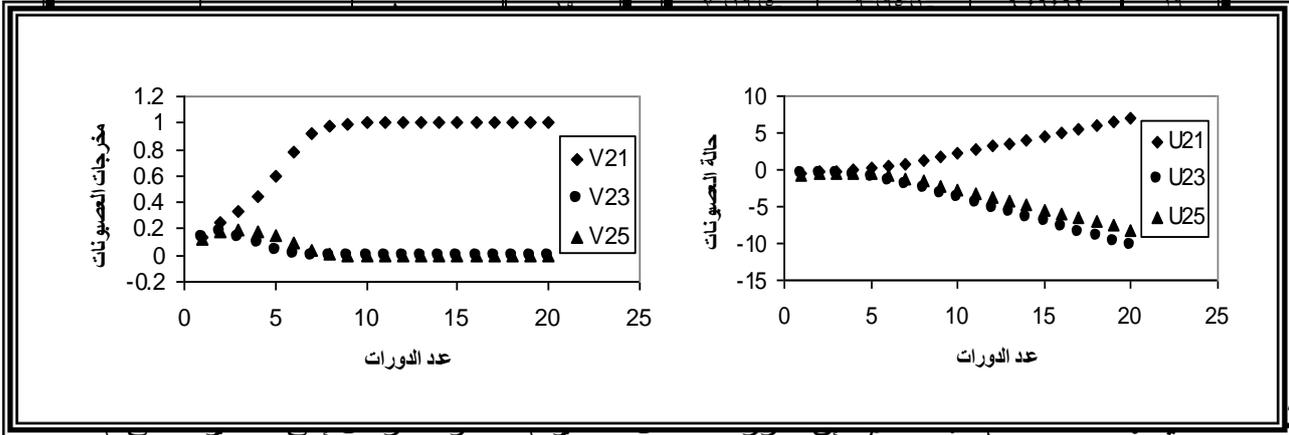
التالي م ١ باتجاه المسوّ المتسلم م ٤ ، يوضح الجدول (٢٣) حالة العصبونات في حين يوضح الجدول (٣-٣) مخرجات العصبونات داخل المسوّ م ٢ . ويوضح الشكل (٢٣) ديناميكية العصبونات داخل م ٢ .

جدول (٣-٣) مخرجات العصبونات

عدد الدورات	V ٢١	V ٢٣	V ٢٥
١	٠.١٣٧٤٢	٠.١٣٩٩٩	٠.١١٨٤١
٢	٠.٢٤٥٥٦	٠.١٧٦٠٥	٠.١٨٢٦٢
٣	٠.٣٢٨٠٩	٠.١٤٢٩٤	٠.١٩٣٥٣
٤	٠.٤٣٧٦١	٠.٠٨٩٧٥	٠.١٨١٧١
٥	٠.٥٩٩١٦	٠.٠٤١٨٣	٠.١٤٧٩٨
٦	٠.٧٨٣٧٤	٠.٠١٣٠٥	٠.٠٨٨٣٠
٧	٠.٩١٨٧٠	٠.٠٠٢٧٥	٠.٠٣٢٨٨
٨	٠.٩٧٧٠٠	٠.٠٠٠٤٥	٠.٠٠٨١٨
٩	٠.٩٩٤٢٣	٠.٠٠٠٠٧	٠.٠٠١٦٩
١٠	٠.٩٩٨٦٠	٠.٠٠٠٠١	٠.٠٠٠٣٣
١١	٠.٩٩٩٦٦	٠.٠٠٠٠١	٠.٠٠٠٠٦
١٢	٠.٩٩٩٩٢	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠١
١٣	٠.٩٩٩٩٨	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٤	٠.٩٩٩٩٩	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٥	٠.٩٩٩٩٩	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٦	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٧	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٨	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠

جدول (٢-٣) حالة العصبونات

عدد الدورات	U ٢١	U ٢٣	U ٢٥
١	٠.٦١٢٣١-	٠.٦٠٥١٣-	٠.٦٦٩٢١-
٢	٠.٣٧٤١٤-	٠.٥١٤٤٥-	٠.٤٩٩٥٩-
٣	٠.٢٣٨٩٥-	٠.٥٩٧٠٣-	٠.٤٧٥٧٥-
٤	٠.٠٨٣٦٢-	٠.٧٧٢٢٢-	٠.٥٠١٦١-
٥	٠.١٣٣٩٨-	١.٠٤٣٧٨-	٠.٥٨٣٥٢-
٦	٠.٤٢٩١٩-	١.٤٤١٩٦-	٠.٧٧٨٢١-
٧	٠.٨٠٨٢٦-	١.٩٦٤٣٢-	١.١٢٧٢٠-
٨	١.٢٤٩٦٦-	٢.٥٦٥٩٦-	١.٥٩٩٤٧-
٩	١.٧٧٦٦١-	٣.٢٠١١٤-	٢.١٢٧١٣-
١٠	٢.١٨٩٩٩-	٣.٨٤٧٠٧-	٢.٦٧١٤٧-
١١	٢.٦٦٤٦٩-	٤.٤٩٦٠٠-	٣.٢٢٠٠٩-
١٢	٣.١٣٩٩٣-	٥.١٤٥٧٣-	٣.٧٦٩٧٦-
١٣	٣.٦١٤٦٢-	٥.٧٩٥٦٦-	٤.٣١٩٦٨-
١٤	٤.٠٨٩٦٢-	٦.٤٤٥٦٤-	٤.٨٦٩٦٦-
١٥	٤.٥٦٤٦٢-	٧.٠٩٥٦٣-	٥.٤١٩٦٥-
١٦	٥.٠٣٩٦٢-	٧.٧٤٥٦٣-	٥.٩٦٩٦٥-
١٧	٥.٥١٤٦٢-	٨.٣٩٥٦٣-	٦.٥١٩٦٥-
١٨	٥.٩٨٩٦٢-	٩.٠٤٥٦٣-	٧.٠٦٩٦٥-
١٩	٦.٤٦٤٦٢-	٩.٦٩٥٦٣-	٧.٦١٩٦٥-



شكل (٢-٣): ديناميكية العصبونات داخل المسوّ م ٢ عندما  $\rho = ٠.٥$  (٥)

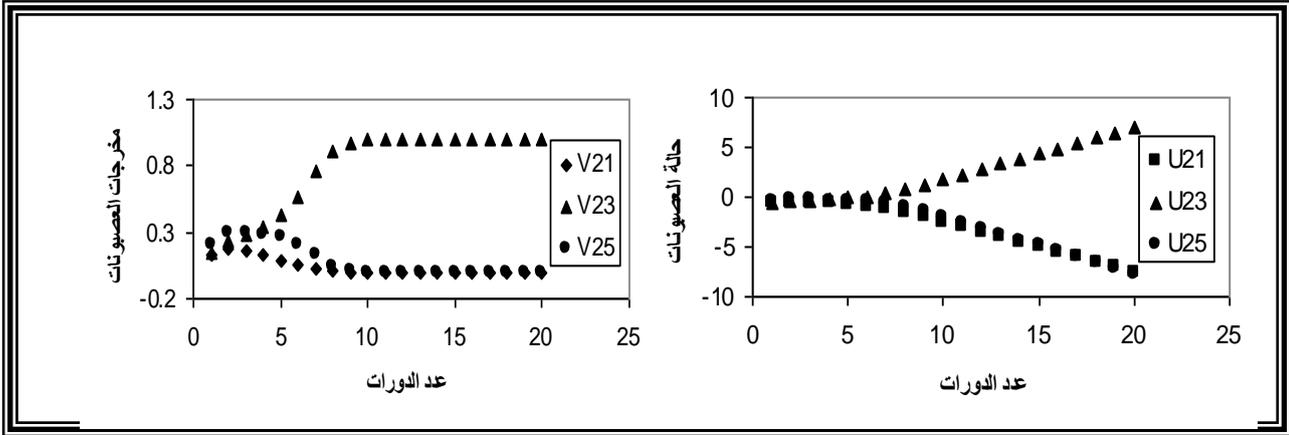
مخرجات العصبونات . كما يوضح الشكل (١-١) ديناميكية العصبونات داخل المسوّ م ٢ .

جدول (٥-٣) مخرجات العصبونات

عدد الدورات	V ٢١	V ٢٣	V ٢٥
١	٠.١٢٥٦٥	٠.١٤٠٤٤	٠.٢١١٨١
٢	٠.١٨٠٩٥	٠.٢٣٨٨٩	٠.٣٠٠٥٨
٣	٠.١٦١٤٧	٠.٢٧٩٢٠	٠.٣٠٠٣٥
٤	٠.١٢٩٧٨	٠.٣٣٥٥٤	٠.٢٨٧١٧
٥	٠.٠٩٢٤٠	٠.٤٢٨١٦	٠.٢٦٠١٣
٦	٠.٠٥٤٢٠	٠.٥٧١٥٤	٠.٢٠٦٨٠
٧	٠.٠٢٤١٣	٠.٧٥٤٩٤	٠.١٢٤٢٠
٨	٠.٠٠٧٨٥	٠.٩٠٧٢٨	٠.٠٤٦٨٢
٩	٠.٠٠٢٠٢	٠.٩٧٥٩١	٠.٠١١٢٨
١٠	٠.٠٠٠٤٧	٠.٩٩٤٧٢	٠.٠٠٠٢٢
١١	٠.٠٠٠٠١	٠.٩٩٨٨٩	٠.٠٠٠٤٠
١٢	٠.٠٠٠٠٢	٠.٩٩٩٧٧	٠.٠٠٠٠٧
١٣	٠.٠٠٠٠١	٠.٩٩٩٩٥	٠.٠٠٠٠١
١٤	٠.٠٠٠٠٠	٠.٩٩٩٩٩	٠.٠٠٠٠٠
١٥	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٦	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠

جدول (٤-٣) حالة العصبونات

عدد الدورات	U ٢١	U ٢٣	U ٢٥
١	٠.٦٤٦٦٧-	٠.٦٠٣٨٩-	٠.٤٣٨٠٢-
٢	٠.٥٠٣٣١-	٠.٣٨٦٢٦-	٠.٢٨١٥٢-
٣	٠.٥٤٩١١-	٠.٣١٦١٥-	٠.٢٨١٨٨-
٤	٠.٦٣٤٣١-	٠.٢٢٧٧٤-	٠.٣٠٣٠٦-
٥	٠.٧٦١٥٦-	٠.٠٩٦٤٤-	٠.٣٤٨٤٣-
٦	٠.٩٥٣١٠-	٠.٠٩٦٠٥-	٠.٤٤٨١١-
٧	١.٢٣٣٣٤-	٠.٣٧٥٠٤-	٠.٦٥١٠٩-
٨	١.٦١٣٣٢-	٠.٧٦٠٢٩-	١.٠٠٤٥٠-
٩	٢.٠٦٧٦٩-	١.٢٣٣٨٧-	١.٤٩١٢٦-
١٠	٢.٥٥٤٩٥-	١.٧٤٦٤٢-	٢.٠٣٩٥٩-
١١	٣.٠٥١٨٩-	٢.٢٦٨٩٤-	٢.٦٠٤٨٦-
١٢	٣.٥٥١١٩-	٢.٧٩٣٤٧-	٣.١٧٣٨٧-
١٣	٤.٠٥١٠٣-	٣.٣١٨٣٨-	٣.٧٤٣٦٧-
١٤	٤.٥٥١٠٠-	٣.٨٤٣٣٦-	٤.٣١٣٦٣-
١٥	٥.٠٥٠٩٩-	٤.٣٦٨٣٦-	٤.٨٨٣٦٢-



الشكل (٣-٣) ديناميكية العصبونات داخل المسور م ٢ عندما  $\rho = 0.7$

م ١. يوضح الجدول (١-١) و (١-٢) حالة ومخرجات العصبونات على التوالي. على حين يوضح الجدول

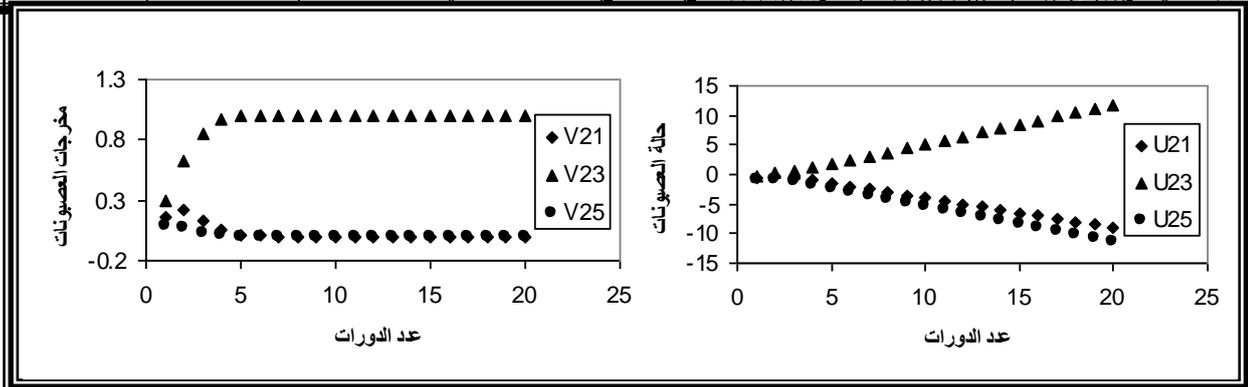
(٤-٣) ديناميكية العصبونات داخل المسور م ٢.

جدول (٧-٣) مخرجات العصبونات

جدول (٦-٣) حالة العصبونات

عدد الدورات	V21	V23	V25
١	٠.١٦٦٨٦	٠.٢٩٣٦٩	٠.٠٨٤٨٩
٢	٠.٢١٩٨٩	٠.٦١٩٥٤	٠.٠٧٣٠٥
٣	٠.١٣٣١١	٠.٨٤٣٥٨	٠.٠٢١٠٦
٤	٠.٠٤٨٠٨	٠.٩٦٣٣٤	٠.٠٠٣٩٠
٥	٠.٠١٢٢٠	٠.٩٩٤١٩	٠.٠٠٠٦٤
٦	٠.٠٠٢٧٩	٠.٩٩٩٢٠	٠.٠٠٠١١
٧	٠.٠٠٠٦٢	٠.٩٩٩٨٩	٠.٠٠٠٠٢
٨	٠.٠٠٠١٤	٠.٩٩٩٩٩	٠.٠٠٠٠٠
٩	٠.٠٠٠٠٣	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٠	٠.٠٠٠٠١	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١١	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٢	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٣	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٤	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٥	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٦	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٧	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٨	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٩	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
٢٠	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠

عدد الدورات	U21	U23	U25
١	٠.٥٣٦٠١	٠.٢٩٢٥٠	٠.٧٩٢٥٦
٢	٠.٤٢٢١٠	٠.١٦٢٥٣	٠.٨٤٦٩٤
٣	٠.٦٢٤٥٨	٠.٥٦١٧٦	١.٢٧٩٦٥
٤	٠.٩٩٥٢١	١.٠٨٩٥٨	١.٨٤٧٢٩
٥	١.٤٦٤٦٢	١.٧١٤٢٤	٢.٤٤٨٨٩
٦	١.٩٦٠٠١	٢.٣٧٦٦٦	٣.٠٤٥٣١
٧	٢.٤٥٩٤٤	٣.٠٤٨٨٠	٣.٦٣٧٣٠
٨	٢.٩٥٩٣٨	٣.٧٢٣١٦	٤.٢٢٧٨٢
٩	٣.٤٥٩٣٨	٤.٣٩٨٠٢	٤.٨١٧٩٥
١٠	٣.٩٥٩٣٨	٥.٠٧٢٩٩	٥.٤٠٧٩٧
١١	٤.٤٥٩٣٨	٥.٧٤٧٩٨	٥.٩٩٧٩٨
١٢	٤.٩٥٩٣٨	٦.٤٢٢٩٨	٦.٥٨٧٩٨
١٣	٥.٤٥٩٣٨	٧.٠٩٧٩٨	٧.١٧٧٩٨
١٤	٥.٩٥٩٣٨	٧.٧٧٢٩٨	٧.٧٦٧٩٨
١٥	٥.٤٥٩٣٨	٨.٤٤٧٩٨	٨.٣٥٧٩٨
١٦	٦.٩٥٩٣٨	٩.١٢٩٧٨	٨.٩٤٧٩٨
١٧	٧.٤٥٩٣٨	٩.٧٩٧٩٨	٩.٥٣٧٩٨
١٨	٧.٩٥٩٣٨	١٠.٤٧٢٩٨	١٠.١٢٨٠٠
١٩	٨.٤٥٩٣٨	١١.١٤٧٩٨	١٠.٧١٨٠٠
٢٠	٨.٩٥٩٣٨	١١.٨٢٢٩٨	١١.٣٠٨٠٠



## تعقيب:

نلاحظ أنه في الحالة الأولى عندما وضعنا  $\rho = 0.5$  بحيث أعطينا أهمية متساوية لكل من الحمل والمسافة المتبقية داخل المسوّات الجيران فإنّ الرزمة سترسل إلى المسوّ م ١ على الرغم من كونه أكثر حملاً من المسوّ م ٣ ولكنّ المسافة المتبقية لديه كانت اقرب إلى المسوّ المستلم م ٤ على حين كانت المسافة المتبقية في المسوّ م ٣ ابعد لذلك تم تفضيل المسوّ م في عملية التسيير. أمّا في الحالة الثانية عندما وضعنا  $\rho = 0.7$  والحالة الثالثة عندما وضعنا  $\rho = 0.9$  فنكون بذلك قد أعطينا أهمية اكبر إلى الحمل داخل المسوّات الجيران من المسافة المتبقية وبما أنّ المسوّ م ٣ كان اقل حملاً من بقية جيران م فقد أرسلت له الرزمة على الرغم من أنه ابعد بقليل عن المسوّ المستلم م ٤.

## التجربة الثانية:

الحالة الأولى: عندما يريد المسوّ م ٣ أن يرسل رزمة إلى المسوّ م ٤ ويملك قاعدة بيانات التسيير التالية: السعة الحرة المتوافرة داخل المسوّات م ١، م ٢، م ٥ هي ١٠، ١٣، ١١ على التوالي. و المسافة المتبقية هي ١، ٢، ١ على التوالي. فإذا وضعنا  $\rho = 0.5$  فإنّ الرزمة سترسل إلى المسوّ التالي م ٥ باتجاه المسوّ المستلم م ٤. يوضح الجدول (٨٣) حالة العصبونات بينما يوضح الجدول (٩-٣) مخرجات العصبونات أما الشكل (٥-٣) فيوضح ديناميكية العصبونات داخل المسوّ م ٣.

جدول (٨-٣) حالة العصبونات

جدول (٩-٣) مخرجات العصبونات

عدد الدورات	U ٣١	U ٣٢	U ٣٥
١	٠.٤٧٨٢٨-	٠.٨٨٦٩٨-	٠.٤٧٠٢٦-
٢	٠.٢٤٤٥١-	٠.٩٥٢٠٧-	٠.٢٠٧٨٣-
٣	٠.١٥٥٩٧-	١.٣٠١٨٤-	٠.٠٧٠٣٣-
٤	٠.١٣٢٧٨-	١.٨٠٩٨٩-	٠.٠٣٨٦٤
٥	٠.١٧٦١٣-	٢.٤١٥٦٦-	٠.١٤٤٣٣
٦	٠.٢٩٢٢٠-	٣.٦٨١٦-	٠.٢٨٢٥٧
٧	٠.٥٠٠٢٣-	٣.٧٣٦٨١-	٠.٤٩٦٣٩
٨	٠.٨٢٠٧٥-	٤.٤١٠٠٩-	٠.٨١٨٦٦
٩	١.٢٤٣٧٢-	٥.٠٨٤٦٣-	١.٢٤٢٠٨
١٠	١.٧٢٠٧٩-	٥.٧٥٩٥٢-	١.٧١٩٢٧
١١	٢.٢١٥٢١-	٦.٤٣٤٥٠-	٢.٢١٣٧١
١٢	٢.٧١٣٩٤-	٧.١٠٩٤٩-	٢.٧١٢٤٥
١٣	٣.٢١٣٦٥-	٧.٧٨٤٤٩-	٣.٢١٢١٧
١٤	٣.٧١٣٥٩-	٨.٤٥٩٤٩-	٣.٧١٢١٠
١٥	٤.٢١٣٥٧-	٩.١٣٤٤٩-	٤.٢١٢٠٩
١٦	٤.٧١٣٥٧-	٩.٨٠٩٤٩-	٤.٧١٢٠٨
١٧	٥.٢١٣٥٧-	١٠.٤٨٤٥٠-	٥.٢١٢٠٨
١٨	٥.٧١٣٥٧-	١١.١٥٩٥٠-	٥.٧١٢٠٨
١٩	٦.٢١٣٥٧-	١١.٨٣٤٥٠-	٦.٢١٢٠٨
٢٠	٦.٧١٣٥٧-	١٢.٥٠٩٥٠-	٦.٧١٢٠٨

عدد الدورات	V ٣١	V ٣٢	V ٣٥
١	٠.١٩٢٣٥	٠.٠٦٥٣٢	٠.١٩٦١١
٢	٠.٣٢٤٤٢	٠.٠٥٤٣٦	٠.٣٤٨٩٩
٣	٠.٣٨٥١١	٠.١٩٧٣	٠.٤٤٧٤٤
٤	٠.٤٠١٧١	٠.٠٤٣٧	٠.٥٢٨٩٥
٥	٠.٣٧٠٨٩	٠.٠٠٧١	٠.٦٠٦٥٩
٦	٠.٢٩٣٥٧	٠.٠٠١٠	٠.٧٠٠٠٨
٧	٠.١٨٢٣٢	٠.٠٠٠١	٠.٨١٥٩٦
٨	٠.٠٧٨٥٥	٠.٠٠٠٠	٠.٩٢١٠٠
٩	٠.٠٢٣٤٠	٠.٠٠٠٠	٠.٩٧٦٤٨
١٠	٠.٠٠٥٧٠	٠.٠٠٠٠	٠.٩٩٤٢٨
١١	٠.٠٠١٣٠	٠.٠٠٠٠	٠.٩٩٨٧٠
١٢	٠.٠٠٠٢٩	٠.٠٠٠٠	٠.٩٩٩٧١
١٣	٠.٠٠٠٠٧	٠.٠٠٠٠	٠.٩٩٩٩٤
١٤	٠.٠٠٠٠٢	٠.٠٠٠٠	٠.٩٩٩٩٩
١٥	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠
١٦	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠
١٧	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠
١٨	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠
١٩	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠
٢٠	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠

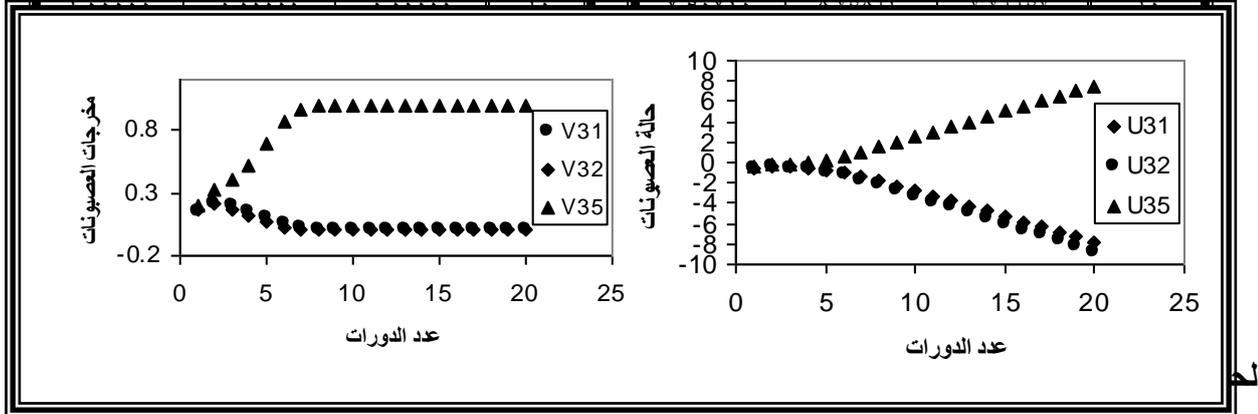
الحالة الثانية: عندما نضع  $\rho = 0.7$  فإن الرزمة توجه إلى المسوّ م ٥ أيضاً باتجاه المسوّ المستلم م ٤ .  
و يوضح الجدولان (١٠-٣) و (١١-٣) حالة و مخرجات العصبونات على التوالي على حين يوضح  
الشكل (٦-٣) ديناميكية العصبونات داخل المسوّ م ٣ .

جدول (١١-٣) مخرجات العصبونات

عدد الدورات	V ٣٥	V ٣٢	V ٣١
١	٠.١٩٦٣٥	٠.١٥٨٤٤	٠.١٤٦٥١
٢	٠.٣٢٣٠٧	٠.٢٠٥٨٥	٠.٢٠٧١٨
٣	٠.٣٩٩٤٦	٠.١٦٨٣٤	٠.١٨٩٩٢
٤	٠.٥٢٠١٣	٠.١١٧٣٠	٠.١٥٧٩١
٥	٠.٦٩١١١	٠.٠٦٢٩٩	٠.١٠٨٨٣
٦	٠.٨٦٠٨٤	٠.٠٢٣١٨	٠.٠٥٣٣٣
٧	٠.٩٥٧٢٠	٠.٠٠٥٩٣	٠.٠١٧٣٩
٨	٠.٩٨٩٤٦	٠.٠٠١٢٥	٠.٠٠٤٣٨
٩	٠.٩٩٧٥٩	٠.٠٠٠٢٥	٠.٠٠١٠١
١٠	٠.٩٩٩٤٦	٠.٠٠٠٠٥	٠.٠٠٠٣٢
١١	٠.٩٩٩٨٨	٠.٠٠٠٠١	٠.٠٠٠٠٥
١٢	٠.٩٩٩٩٧	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠١
١٣	٠.٩٩٩٩٩	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٤	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٥	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٦	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٧	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٨	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠
١٩	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٠

جدول (١٠-٣) حالة العصبونات

عدد الدورات	U ٣٥	U ٣٢	U ٣١
١	٠.٤٦٩٧٦	٠.٥٥٦٦٤	٠.٥٨٧٤٣
٢	٠.٢٤٦٥٧	٠.٤٥٠٠٤	٠.٤٤٧٣٤
٣	٠.١٣٥٩١	٠.٥٣٢٤٩	٠.٤٨٣٥١
٤	٠.٠٢٦٨٦	٠.٦٧٢٧٥	٠.٥٥٧٩٦
٥	٠.٢٦٨٤٥	٠.٨٩٩٩٠	٠.٧٠٠٩٢
٦	٠.٦٠٧٤٤	١.٢٤٧٠٥	٠.٩٥٨٨٣
٧	١.٠٣٥٨٠	١.٧٠٧٠٣	١.٣٤٤٧٢
٨	١.٥١٣٩٧	٢.٢٢٦٨٣	١.٨٠٨٤٦
٩	٢.٠٠٨٧٠	٢.٧٦٥٧٢	٢.٢٩٩٣٢
١٠	٢.٥٠٧٥٣	٣.٣٠٩٣٣	٢.٧٩٧٢٠
١١	٣.٠٠٧٢٧	٣.٨٥٤٠١	٣.٢٩٦٧١
١٢	٣.٥٠٧٢٢	٤.٣٩٨٩٤	٣.٧٩٦٦١
١٣	٤.٠٠٧٢١	٤.٩٤٣٩٣	٤.٢٩٦٥٨
١٤	٤.٥٠٧٢٠	٥.٤٨٨٩٢	٤.٧٩٦٥٧
١٥	٥.٠٠٧٢٠	٦.٠٣٣٩٢	٥.٢٩٦٥٧
١٦	٥.٥٠٧٢٠	٦.٥٧٨٩٢	٥.٧٩٦٥٧
١٧	٦.٠٠٧٢٠	٧.١٢٣٩٢	٦.٢٩٦٥٧
١٨	٦.٥٠٧٢٠	٧.٦٦٨٩٢	٦.٧٩٦٥٧
١٩	٧.٠٠٧٢٠	٨.٢١٣٩٢	٧.٢٩٦٥٧



شكل (٦-٣) : ديناميكية العصبونات داخل المسوّ م ٣ عندما  $\rho = 0.7$

مخرجات العصبونات ، كما يوضح الشكل (٧-١) ديناميكية العصبونات داخل المسوّ م ١.

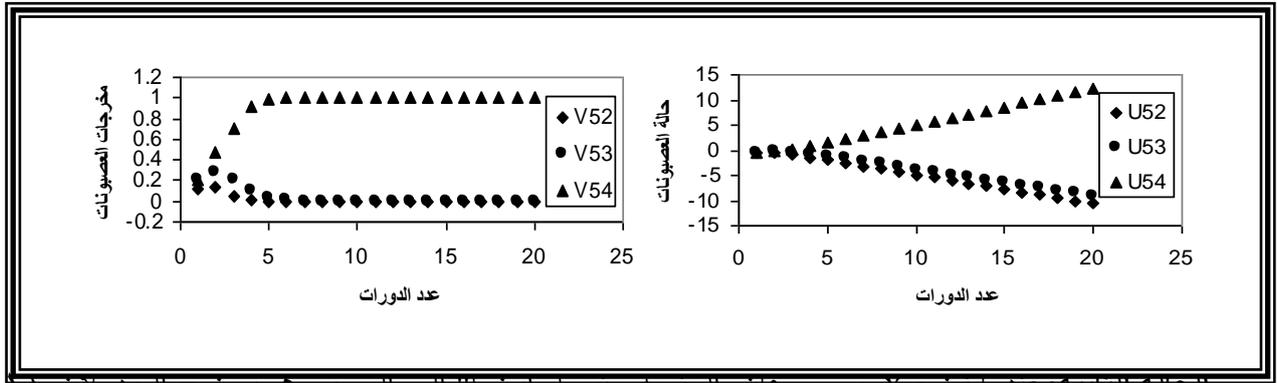
جدول (١٣-٣) مخرجات العصبونات

عدد الدورات	V ٣٥	V ٣٢	V ٣١
١	٠.١١٤١٠	٠.٢٢١٢٧	٠.١٧٠٣٠
٢	٠.١٦٧٣٤	٠.٤٠٤٦٠	٠.٢٤٧٣٨
٣	٠.١٢٤٧٦	٠.٥١٧٤٦	٠.٢٠٣٩٥
٤	٠.٠٧٦٢٧	٠.٦٨٣٢٨	٠.١٣٩٩٢
٥	٠.٠٣٤٢٥	٠.٨٥٦٠٨	٠.٠٦٨٢٧
٦	٠.٠١١١٩	٠.٩٥٧٥١	٠.٠٢٢٠٢
٧	٠.٠٠٣٠٦	٠.٩٩٠٤٥	٠.٠٠٥٤٧
٨	٠.٠٠٠٧٠	٠.٩٩٨٠٥	٠.٠٠١٢٥
٩	٠.٠٠٠٢٠	٠.٩٩٩٦١	٠.٠٠٠٢٨
١٠	٠.٠٠٠٠٥	٠.٩٩٩٩٢	٠.٠٠٠٠٦
١١	٠.٠٠٠٠١	٠.٩٩٩٩٩	٠.٠٠٠٠١

جدول (١٢-٣) حالة العصبونات

عدد الدورات	U ٣٥	U ٣٢	U ٣١
١	٠.٦٨٣١٦	٠.٤١٩٤٢	٠.٥٢٧٨٣
٢	٠.٥٣٤٨٧	٠.١٢٨٧٨	٠.٣٧٠٨٧
٣	٠.٦٤٩٣٨	٠.٠٢٣٢٩	٠.٤٥٣٩٤
٤	٠.٨٣١٤٠	٠.٢٥٦٣٠	٠.٦٠٥٣٣
٥	١.١١٣٠٣	٠.٥٩٤٣٧	٠.٨٧١١٧
٦	١.٤٩٣٩٣	١.٠٣٨٣٢	١.٢٦٤٥٨
٧	١.٩٢٨٩٥	١.٥٤٧٠٣	١.٧٣٤٢٦
٨	٢.٣٨٠٠١	٢.٠٧٨٩٣	٢.٢٢٨٠١
٩	٢.٨٣٤٣٤	٢.٦١٦٧٦	٢.٧٢٦٩١
١٠	٣.٢٨٩٢٤	٣.١٥٦٥١	٣.٢٢٦٧٤
١١	٣.٧٤٤٢٣	٣.٦٩٦٤٠	٣.٧٢٦٧١





الحالة النهائية: عندما تضع  $p = 0.7$  فإن الرزمة سترسل ايضاً إلى المستوى ٤. يوضح الجدولان (١٦-٣) و (١٧-٣) حالة و مخرجات العصبونات على التوالي. أمّا الشكل (٩-٣) فيوضح ديناميكية العصبونات داخل المستوى ٥ .

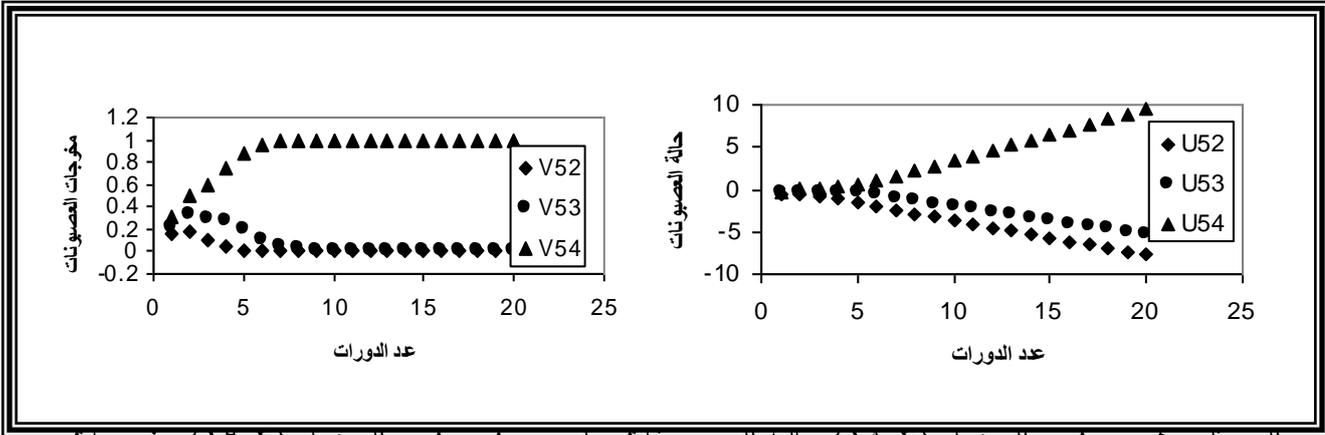
(١٦) و (١٧-٣) حالة و مخرجات العصبونات على التوالي. أمّا الشكل (٩-٣) فيوضح ديناميكية العصبونات داخل المستوى ٥ .

جدول (١٧-٣): مخرجات العصبونات

عدد الدورات	V52	V53	V54
١	٠.٣٠٨٣١	٠.٢٠٨٥٠	٠.١٥٤٦٢
٢	٠.٥٠٥٠٧	٠.٣٢٠٨٩	٠.١٨٥٣٦
٣	٠.٥٩٨٣١	٠.٢٩٧٤١	٠.١٠٠٤١
٤	٠.٧٤٨٧٩	٠.٢٧٠٥١	٠.٠٤٢٨٨
٥	٠.٨٨٣٢٣	٠.١٩٧٧٥	٠.٠١٢٣٤
٦	٠.٩٦٢٦٩	٠.١٠٧٨٥	٠.٠٠٢٨٩
٧	٠.٩٩١٥٧	٠.٠٤٦٢٧	٠.٠٠٠٧٠
٨	٠.٩٩٨٤٦	٠.٠١٧٧٧	٠.٠٠٠١٩
٩	٠.٩٩٩٧٤	٠.٠٠٦٥٩	٠.٠٠٠٠٥
١٠	٠.٩٩٩٩٦	٠.٠٠٢٤٢	٠.٠٠٠٠٢
١١	٠.٩٩٩٩٩	٠.٠٠٠٨٩	٠.٠٠٠٠٠
١٢	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٣٣	٠.٠٠٠٠٠
١٣	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠١٢	٠.٠٠٠٠٠
١٤	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٤	٠.٠٠٠٠٠
١٥	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٢	٠.٠٠٠٠٠
١٦	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠١	٠.٠٠٠٠٠

جدول (١٦-٣) حالة العصبونات

عدد الدورات	U52	U53	U54
١	٠.٢٦٩٣٥-	٠.٤٤٤٦٧-	٠.٥٦٦٢٦-
٢	٠.٠٠٦٧٤	٠.٢٤٩٩٠-	٠.٤٩٣٤٨-
٣	٠.١٣٢٨٢	٠.٢٨٦٥٥-	٠.٧٣٠٩١-
٤	٠.٣٦٤٠٦	٠.٣٣٠٦٨-	١.٠٣٥١٥-
٥	٠.٦٧٤٤٥	٠.٤٦٦٨٢-	١.٤٦٠٩٥-
٦	١.٠٨٣٤٦	٠.٧٠٤٣٠-	١.٩٤٧٣٦-
٧	١.٥٨٩٠٢	١.٠٠٨٦٦-	٢.٤٢٣٠٠-
٨	٢.١٥٧٣٦	١.٣٣٧٥٤-	٢.٨٦٥٨٥-
٩	٢.٧٥٤٤٦	١.٦٧١٨٠-	٣.٢٨٧٠٨-
١٠	٣.٣٦٢٨٣	٢.٠٠٦٨٣-	٣.٦٩٨٤٢-
١١	٣.٩٧٥٣٩	٢.٣٤١٨٩-	٤.١٠٥٨٠-
١٢	٤.٥٨٩٥٠	٢.٦٧٦٩٢-	٤.٥١١٦٨-
١٣	٥.٢٠٤١٧	٣.٠١١٩٣-	٤.٩١٧٠٠-
١٤	٥.٨١٩٠٥	٣.٣٤٦٩٣-	٥.٣٢٢١٢-
١٥	٦.٤٣٤٠١	٣.٦٨١٩٣-	٥.٧٢٧١٦-
١٦	٧.٠٤٨٩٩	٤.٠١٦٩٣-	٦.١٣٢١٨-



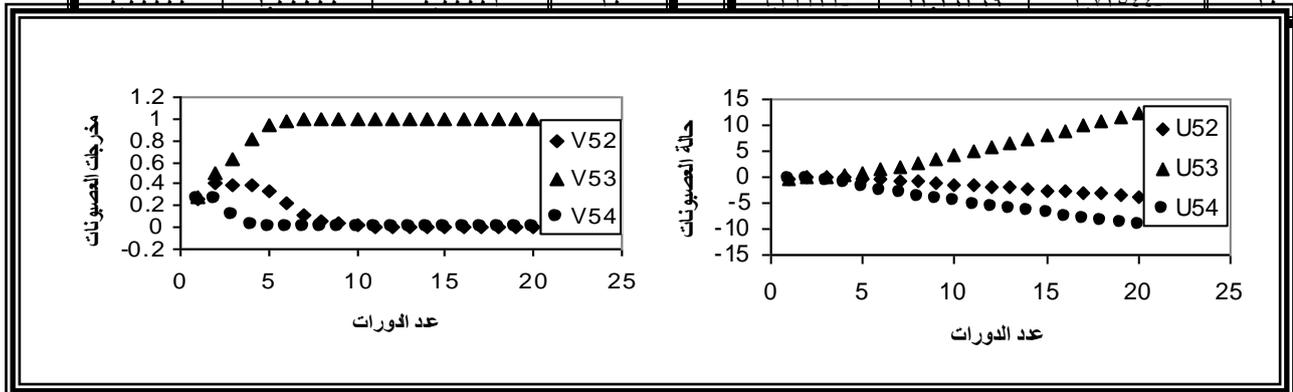
المستطد د ع ، به ضح الحده ١١٧-١١٨ حالة العصبونات عد ، حده به ضح الحده ١١٧-١١٦ مكا حات  
 شكل (٣-٩): ديناميكية العصبونات داخل المسوّ م ٥ عندما  $\rho = ٠.٧$

جدول (٣-١٩): مخرجات العصبونات

عدد الدورات	V٥٤	V٥٣	V٥٢
١	٠.٢٥٩٣٤	٠.٢٧٦٩٥	٠.٢٥٨٣١
٢	٠.٢٦١١٢	٠.٥٠٣٧٥	٠.٤٠٠٤٦
٣	٠.١٠٥٤٥	٠.٦٢٨٨٤	٠.٣٨٧٦٥
٤	٠.٠٢٧٨٨	٠.٨٢١٧٢	٠.٣٩٧١٣
٥	٠.٠٠٣٨٣	٠.٩٣٧٤٥	٠.٣٢٦٣٣
٦	٠.٠٠٠٤٥	٠.٩٨٤٥٦	٠.٢١٤٥٥
٧	٠.٠٠٠٠٦	٠.٩٩٧٣٨	٠.١٢٠٦١
٨	٠.٠٠٠٠١	٠.٩٩٩٦٧	٠.٠٦٢٩٦
٩	٠.٠٠٠٠٠	٠.٩٩٩٩٧	٠.٠٣١٩٠
١٠	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠١٥٩٥
١١	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٧٩٣
١٢	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٣٩٣
١٣	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠١٩٥
١٤	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٩٦
١٥	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٤٨
١٦	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٢٤
١٧	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠١٢
١٨	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٦
١٩	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠٣
٢٠	٠.٠٠٠٠٠	١.٠٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠١

جدول (٣-١٨): حالة العصبونات

عدد الدورات	U٥٤	U٥٣	U٥٢
١	٠.٣٤٩٨٠-	٠.٣١٩٨٩-	٠.٣٥١٦٠-
٢	٠.٣٤٦٧٦-	٠.٠٠٠٠٠-	٠.١٣٤٥١-
٣	٠.٧١٢٦٩-	٠.١٧٥٧٥-	٠.١٥٢٤٠-
٤	١.١٨٣٩٢-	٠.٥٠٩٣٥-	٠.١٣٩١٤-
٥	١.٨٥٤٠٣-	٠.٩٠٢٣٧-	٠.٢٤١٦١-
٦	٢.٢٦٧٩٨-	١.٣٨٥٠٣-	٠.٤٣٢٥٧-
٧	٣.٢١٧١١-	١.٩٨٠٧٢-	٠.٦٦٢٢٣-
٨	٣.٧٨٥١٠-	٢.٩٧٠١٧-	٠.٩٠٠١٠-
٩	٤.٢٩٧٧٢-	٣.٤١٧٧١-	١.١٣٧٦٢-
١٠	٤.٧٧٩٥٨-	٤.١٩٥٣٢-	١.٣٧٤٠٢-
١١	٥.٢٤٥٥٣-	٤.٩٨٩٣٦-	١.٦٠٩٧٣-
١٢	٥.٧٠٤٤٦-	٥.٧٩١٤٣-	١.٨٤٥٠٩-
١٣	٦.١٥٧٣٩-	٦.٥٩٧٥١-	٢.٠٨٠٢٧-
١٤	٦.٦٠٩٣٤-	٧.٤٠٥٥٦-	٢.٣١٥٣٥-
١٥	٧.٠٦٠٣٠-	٨.٢١٤٦٠-	٢.٥٥٠٤٠-
١٦	٧.٥١٠٧٧-	٩.٠٢٤١٢-	٢.٧٨٥٤٢-
١٧	٧.٩٦١٠١-	٩.٨٣٣٨٩-	٣.٠٢٠٤٣-
١٨	٨.٤١١١٢-	١٠.٦٤٣٣٨-	٣.٢٥٥٤٤-
١٩	٨.٨٦١١٨-	١١.٤٥٣٧١-	٣.٤٩٠٤٤-
٢٠	٩.٣١١٢١-	١٢.٢٦٣٦٩-	٣.٧٢٥٤٤-



شكل (٣-١٠): ديناميكية العصبونات داخل المسوّ م ٥ عندما  $\rho = 0.9$

### تعقيب:

نلاحظ في الحالة الأولى عندما وضعنا  $\rho = 0.5$  الذي يمثل التوازن بين الحمل والمسافة المتبقية فإنّ الرزمة داخل المسوّ م ٥ ستُرسل إلى المسوّ م ٤ الذي يمثل الهدف النهائي وذلك لأنه إذا مسافة متبقية صفر على حين أنّ المسافات المتبقية في المسوّات الأخرى تكون أبعد عن الهدف بكثير وبذلك فإنّ المسوّ م ٤ فاز في عملية المنافسة على الرغم من أنّ م هو أكثر حملاً من بقية جيرانه. وكذلك في الحالة الثانية عندما وضعنا  $\rho = 0.7$  فإنّ المسوّ م ٤ هو الفائز أيضاً. أمّا في الحالة الأخيرة عندما وضعنا  $\rho = 0.9$  فقد أعطينا أهمية أكبر إلى الحمل وبما أنّ الحمل داخل المسوّ م ٤ عالي فقد أرسلت الرزمة إلى المسوّ م ٣ وذلك لأنه خالي من الحمل تقريباً على الرغم من بعده عن المسوّ م ٤ . إنّ نتائج المحاكاة تبين أنّ نظام التسيير يملك سرعة تقارب عالية جداً في صنع قرارات التسيير كما أنّ له القدرة على إعطاء قرار مقبول في أقل من ١٠ دورات. إن سرعة التقارب للنام المقترح تأتي من معادلة حالة العصبونات المقترحة و العدد الصغير من العصبونات و الموصلات العصبية داخل الشبكة العصبية.

### ٣-١-٢ نتائج الطريقة المقترحة :

أجريت مجموعة من التجارب لاختبار أداء النظام المقترح حيث تم اختبار النظام على عدد من طوبولوجيات شبكات الاتصالات وبأحجام مختلفة. يبين الجدول (٣-٢٠) قيم المعاملات الأساسية المستخدمة في النظام المقترح ولكافة التجارب عدا قيمة  $\rho$  التي تتغير مع تغيّر حجم شبكة الاتصالات.

جدول (٣-٢٠): المعاملات الأساسية المستخدمة في النظام المقترح ولكل التجارب

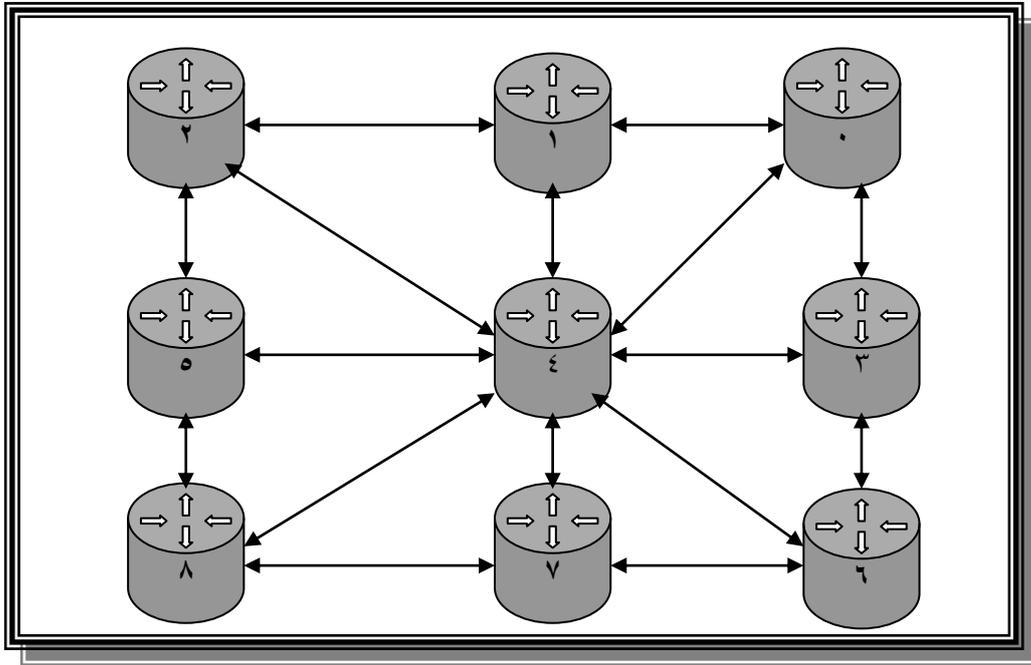
٠.١:	الحد الأقصى للقيم الابتدائية
٢٠:	عدد الدورات القصوى
٢٠:	أقصى سعة للطابور داخل كل مسوّ
١:	قيمة المعامل $C_1$
٣:	قيمة $\lambda$

وفيما يأتي مجموعة من

### ٣-١-٢-١ التجربة الأولى :

**الهدف من التجربة:** تهدف التجربة إلى توضيح سلوكية النظام المقترح داخل شبكة الاتصالات ومدى إمكانيةه في صنع قرارات التسيير داخل شبكة الاتصالات ، إضافةً إلى تقييم أدائه في احتساب المسار الأمثل أو المسار الجيد.

**وصف التجربة:** تتكون شبكة الاتصالات المستخدمة في محاكاة النظام المقترح من ٩ مسوّات كما مبين في الشكل ( ٣-١١ )



شكل (٣-١١) : مثال لشبكة اتصالات ذات ٩ مسيرات

تهيئة شبكة الاتصالات في البداية ، ينفذ كل مسوّ خوارزمية دايجسترا لاحتساب المسارات الأقصر منه إلى بقية المسوّات داخل شبكة الاتصالات ثم يحث قاعدة بيانات التسيير لديه ويرسل متجه المسافة إلى جيرانه فقط من المسوّات. أما السعة الحرة المتوافرة فإنه يتم توليدها عشوائياً داخل كل مسوّ ثم ترسل من كل مسوّ إلى جيرانه فقط. يبين جدول ( ٣-٢١ ) حالة شبكة الاتصالات المستخدمة في عملية المحاكاة.

جدول (٣-٢١) حالة شبكة الاتصالات الابتدائية المستخدمة في المحاكاة .

رقم المسير	المسار الأقصر من كل مسير إلى المسيرات الأخرى في شبكة الاتصالات									السعة الحرة المتوافرة
	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	
٠	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	١٧
١	٢	٢	٢	٢	١	٢	١	٠	١	٤
٢	٢	٢	٢	١	١	٢	٠	١	٢	٨
٣	٢	٢	١	٢	١	٠	٢	٢	١	٩
٤	١	١	١	١	٠	١	١	١	١	٥

وبعد دراسة مكثفة وجد أن قيمة  $m$  المناسبة تساوي ٠.٦ .  
يوزع النظام المقترح على كل مسو داخل شبكة الاتصالات و يعمل هذا النظام بشكل مستقل من بقية الأنظمة في المسوآت الأخرى كما يعمل بشكل متأقلم مع الظروف الحالية في شبكة الاتصالات.  
**النتائج:** يوضح الجدول (٣-٢٢) نتائج محاكاة النظام المقترح على شبكة الاتصالات المبينة في الشكل (٣-١١) ويتضمن المسارات المثلى أو المقبولة و المحسوبة بوساطة النظام المقترح الموزع.

جدول (٣-٢٢) نتائج المحاكاة

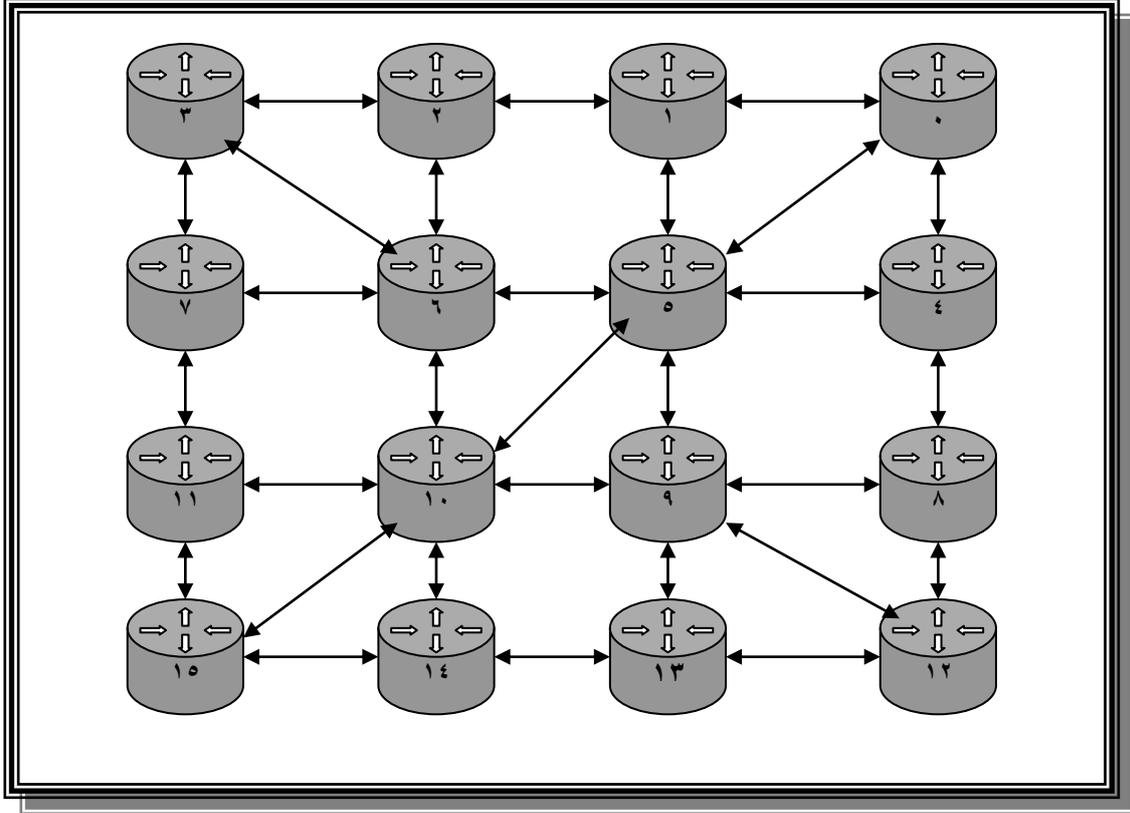
#	المصدر	الهدف	المسار الكامل
١	٠	٨	٨ ← ٤ ← ٠
٢	٠	٢	٢ ← ٤ ← ٠
٣	١	٣	٣ ← ٠ ← ١
٤	١	٥	٥ ← ٤ ← ٠ ← ١
٥	٢	٠	٠ ← ٤ ← ٢
٦	٢	٧	٧ ← ٨ ← ٥ ← ٢
٧	٣	٢	٢ ← ٤ ← ٠ ← ٣
٨	٣	٦	٦ ← ٧ ← ٤ ← ٠ ← ٣
٩	٤	٠	٠ ← ٤
١٠	٤	٨	٨ ← ٤
١١	٥	١	١ ← ٠ ← ٤ ← ٧ ← ٨ ← ٥
١٢	٥	٢	٢ ← ٥
١٣	٦	١	١ ← ٤ ← ٨ ← ٧ ← ٦
١٤	٦	٣	٣ ← ٦
١٥	٧	٠	٠ ← ٤ ← ٨ ← ٧
١٦	٧	٢	٢ ← ٥ ← ٨ ← ٧
١٧	٨	٠	٠ ← ٤ ← ٧ ← ٨
١٨	٨	٢	٢ ← ٤ ← ٧ ← ٨

الموجودة في شبحة الاتصالات ، حيث إن عملية التسيير تتم ببوريع الحمل على شبحة الاتصالات مما يسبب إرسال الرزمة بأسرع ما يمكن مع تقليل الازدحام على شبكة الاتصالات .

### ٣-٢-١-٢ التجربة الثانية:

**الهدف من التجربة:** تهدف هذه التجربة إلى توضيح إمكانية استخدام النظام المقترح على شبكة اتصالات بحجم اكبر وتقييم أداء النظام المقترح في احتساب المسار الأمثل أو المقبول من اجل إيصال الرزمة من المصدر إلى الهدف وبصورة موزعة ومتأقلمة مع الظروف الحالية في شبكة الاتصالات.

وصف التجربة: تتكون شبكة الاتصالات المستخدمة في إجراء عملية محاكاة النظام المقترح من ١٦ مسوّ كما مبين في الشكل (١٢٣).



يتم تهيئة شبكة الاتصالات كما تم تهيئتها في التجربة الأولى حيث يبين جدول (٣-٢٣) الحالة الابتدائية لشبكة الاتصالات المستخدمة في عملية المحاكاة.

جدول (٣-٢٣): حالة شبكة الاتصالات الابتدائية المستخدمة في المحاكاة

رقم المسار	المسار الأقصر من كل مسير إلى المسيرات الأخرى في شبكة الاتصالات															السمة الحرة المتوافرة	
	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١		٠
٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
١	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٢	٢	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٣	٣	٢	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٤	٤	٣	٢	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٥	٥	٤	٣	٢	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٦	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٧	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٨	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٩	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
١٠	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
١١	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠
١٢	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	٠	٠	٠	٠
١٣	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	٠	٠	٠
١٤	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	٠	٠
١٥	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	٠

-١

ال

٢

تعقيب:

توضح نتائج المحاكاة إمكانية استخدام النظام المقترح على شبكة اتصالات بحجم اكبر وامكانية إعطاء قرارات ناجحة في إرسال الرزمة من مسوّ إلى آخر وبصورة متأقلمة مع الظروف الموجودة في شبكة الاتصالات ، كما توضح النتائج أنّ المسارات التي تم احتسابها من خلال محاكاة النظام الموزع على عقد شبكة الاتصالات تكون مقبولة أو مثلى مع تقليل الازدحام على شبكة الاتصالات.

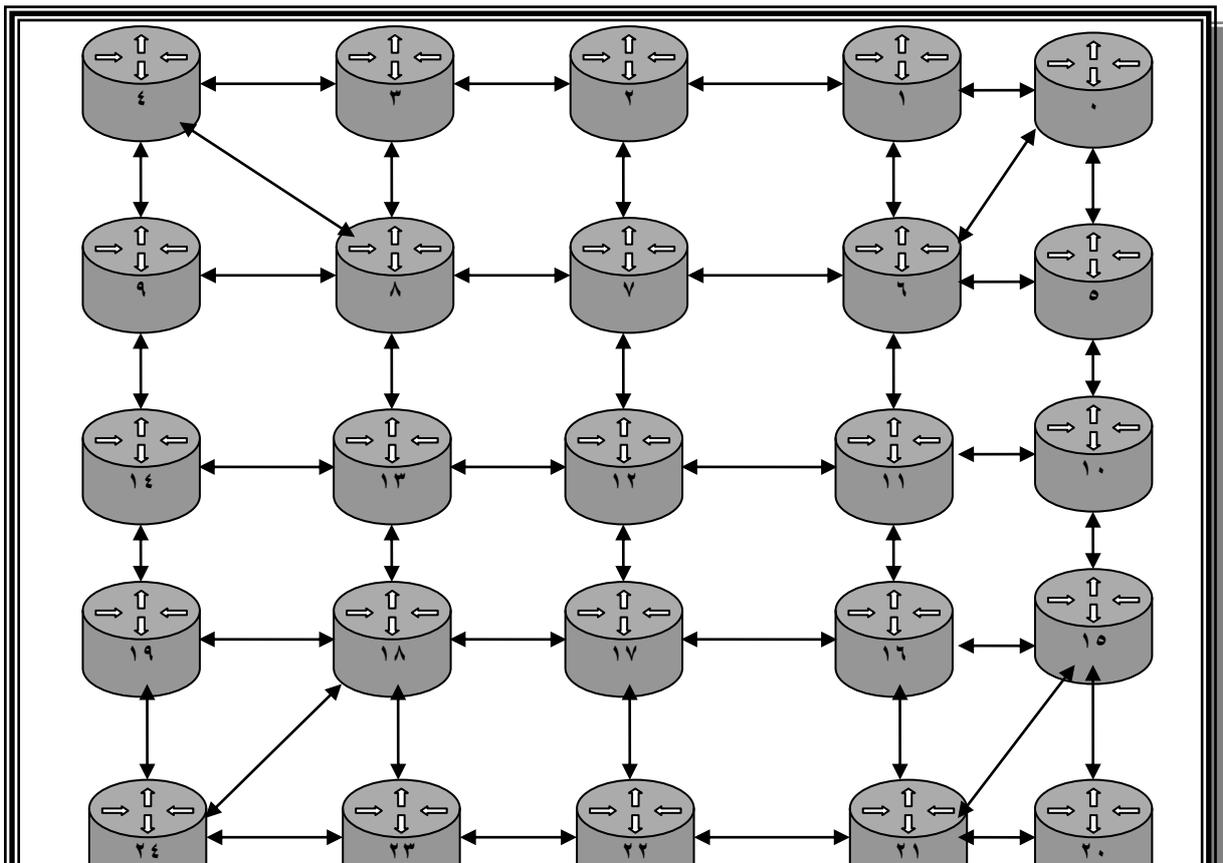
جدول (٣-٢٤): نتائج المحاكاة

#	المصدر	الهدف	المسار الكامل
١	٠	١٥	١٥ ← ١٠ ← ٥ ← ٤ ← ٠
٢	٠	٦	٦ ← ٥ ← ٤ ← ٠
٣	١	١٢	١٢ ← ٨ ← ٤ ← ٥ ← ١
٤	١	٣	٣ ← ٢ ← ١
٥	٢	٧	٧ ← ٦ ← ٢
٦	٢	١٤	١٤ ← ١٠ ← ٦ ← ٢
٧	٣	٧	٧ ← ٣
٨	٣	١٤	١٤ ← ١٠ ← ٦ ← ٣
٩	٤	٩	٩ ← ٨ ← ٤
١٠	٤	١٥	١٥ ← ١٠ ← ٥ ← ٤
١١	٥	١٠	١٠ ← ٥
١٢	٥	٠	٠ ← ٤ ← ٥
١٣	٦	٢	٢ ← ٦
١٤	٦	١٣	١٣ ← ١٢ ← ٩ ← ٦
١٥	٧	١٤	١٤ ← ١٠ ← ٦ ← ٧

### ٣-٢-١-٣ التجربة الثالثة:

**الهدف من التجربة:** تهدف هذه التجربة إلى توضيح سلوكية النظام المقترح وامكانية استخدامه على شبكة اتصالات بحجم اكبر وتقييم أدائه في احتساب المسار الأمثل أو المقبول من اجل إرسال الرزمة من المصدر إلى الهدف.

**وصف التجربة:** استخدمت شبكة اتصالات ذات ٢٥ مسوّ لمحاكاة النظام المقترح كما مبين في الشكل (٣-١٣). حيث يتم توزيع النظام المقترح على كل مسوّ في شبكة الاتصالات للقيام بدوره في إجراء عملية القرار على الرزمة الواصلة وبشكل متأقلم ومستقل عن بقية الأنظمة في المسوّات الأخرى ضمن شبكة الاتصالات.



### شكل (٣-١٣): مثال لشبكة اتصالات ذات ٢٥ مسير

يتم تهيئة شبكة الاتصالات كما تم تهيئتها في التجربة الأولى حيث يبين الجدول (٣-٢٥) حالة شبكة الاتصالات الابتدائية المستخدمة في المحاكاة. وبعد دراسة مكثفة وجد أن قيمة المناسبة تساوي ٠.٣٥. **النتائج:** يبين الجدول (٣-٢٦) نتائج محاكاة النظام المقترح على الطوبولوجية المبينة في شكل (٣-١٣) وتبين النتائج المسارات المثلى أو المقبولة والمحسوبة بوساطة النظام المقترح.

#### تعقيب:

توضح نتائج المحاكاة إمكانية استخدام النظام المقترح على شبكة اتصالات بحجم أكبر مع الحفاظ على خاصية التأقلم والاسلوب الموزع وكذلك تبين كفاءة النظام المقترح في إجراء عملية القرار داخل مسوّات شبكة الاتصالات في إرسال الرزمة من مسوّ إلى آخر مع الحفاظ على الرزمة من الفقدان من أجل إيصالها إلى المسوّ المستلم. نلاحظ أيضاً أنّ عملية إجراء القرار تأخذ بنظر الاعتبار الحمل داخل شبكة الاتصالات ، فالنظام يرسل الرزمة إلى المسوّ الأقل حملاً ويكون بذلك قد قلّل الازدحام على شبكة الاتصالات.





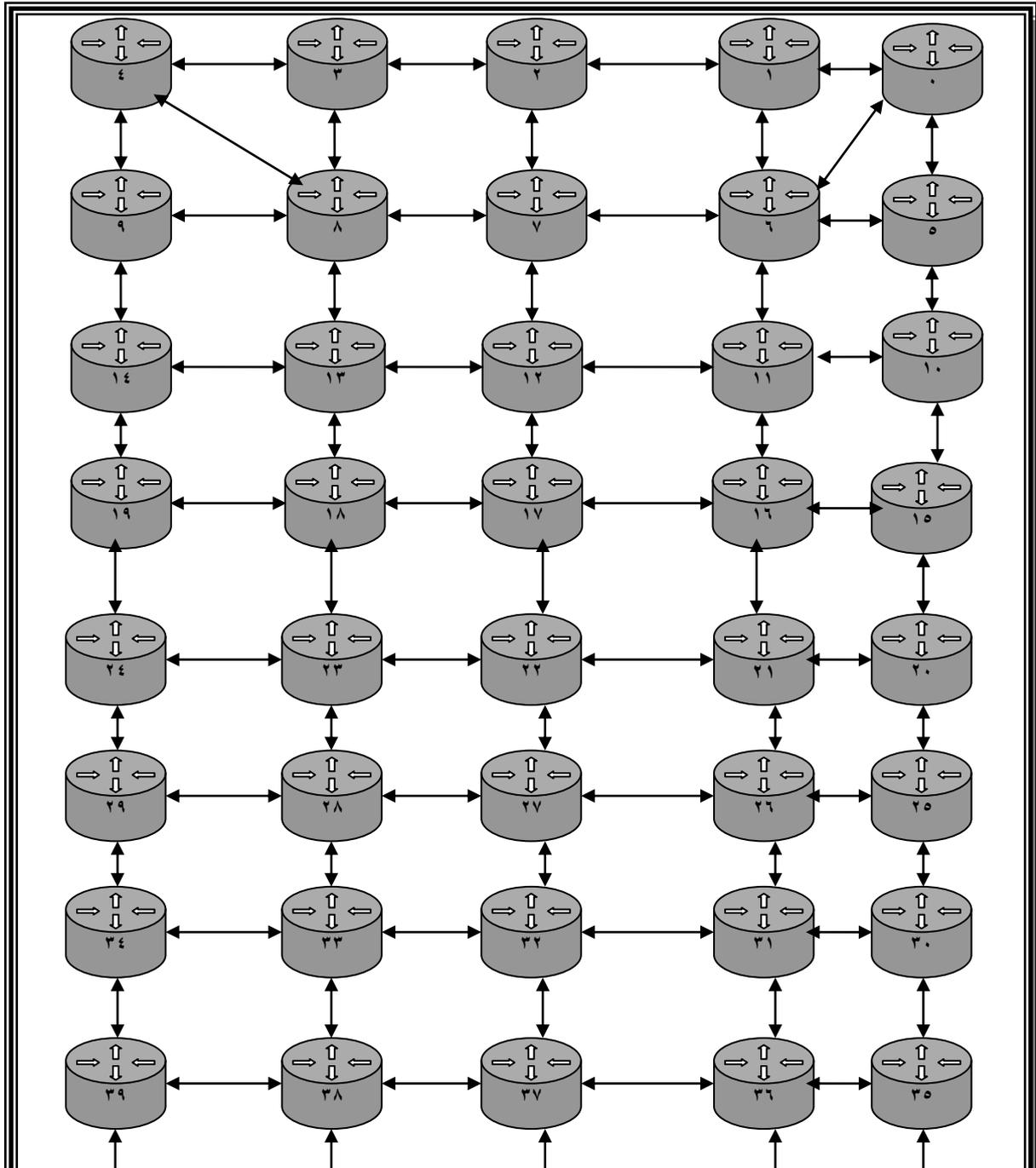
### ٣-١-٢-٤ التجربة الرابعة:

~~الهدف من التجربة:~~ ~~هدف هذه التجربة~~ إلى توضيح إمكانية استخدام النظام المقترح داخل شبكة اتصالات اكبر وبيان محاكاة سلوكية النظام المقترح ومدى كفاءته في إجراء عملية القرار داخل مسّوات شبكة الاتصالات الواسعة.

**وصف التجربة:** تم استخدام شبكة اتصالات متكونة من ٥٠ مسّو لإجراء عملية محاكاة النظام المقترح. يوزع النظام المقترح على كل مسّو في شبكة الاتصالات للقيام بعمله بشكل موزع ومتأقلم مع الظروف الموجودة في شبكة الاتصالات. يبين الشكل (٣-٤) نموذج الشبكة المستخدم لمحاكاة النظام المقترح. يتم تهيئة شبكة الاتصالات كما تم تهيئتها في التجربة الأولى حيث يبين الجدول (٣-٢٧) بأجزائه الأربعة حالة شبكة الاتصالات الابتدائية المستخدمة في

المحاكاة. وبعد دراسة مكثفة وجد أنّ قيمة  $m$  المناسبة تساوي ٠.٢. يتم توزيع النظام على كل عقدة من عقد شبكة الاتصالات لإجراء عملية التسيير بصورة موزعة ومتأقلمة من اجل ائصال الرزمة من المصدر إلى الهدف.

**النتائج:** يوضح الجدول (٣-٢٨) بجزأيه نتائج محاكاة النظام المقترح على الطوبولوجية المبينة في الشكل (٣-١٤) وتبين النتائج المحسوبة المسارات المثلى أو المقبولة والناجمة من عمل النظام المقترح.













**تعقيب:**

تبين نتائج المحاكاة إمكانية استخدام النظام المقترح على شبكة اتصالات بحجم اكبر مع الحفاظ على خاصية التأقلم والاسلوب الموزع حيث نلاحظ إعطاء أهمية اكبر لاتجاه الرزمة من خلال المعامل  $\rho = 0.2$  وذلك لازدياد تعقيدات شبكة الاتصالات من اجل الحفاظ على الرزمة من فقدان. كما تبين نتائج المحاكاة كفاءة النظام المقترح في احتساب المسار الأمثل أو المقبول بالاعتماد على الظروف الحالية في شبكة الاتصالات من اجل اوصول الرزمة من المسوّ المصدر إلى المسوّ الهدف.

**٣-١-٣ مشاكل وحلول :**

تعاني الأنظمة التآقلمية من مشاكل أهمها هي انه في بعض الاحيان قد يرسل النظام الرزمة بالاتجاه المعاكس أي باتجاه المسوّ المرسل مما قد يؤدي إلى دخول الرزمة في دّارة ومن ثم فقدان الرزمة. وهي نفس المشكلة التي يعاني منها بروتوكول معلومات التسيير ، وعندما استخدمنا نفس الحل الذي استخدمه بروتوكول معلومات التسيير وذلك بوضع قيمة *Infinite* مكان المسافة المتبقية للمسوّ المرسل سابقاً لاستبعاده من عملية القرار تبين أنّ هذه العملية غير كافية ولاسيما عند استخدام طوبولوجيات بحجم اكبر ، فهذه الطريقة غير مفيدة لحل مشكلة عدم الفهم بين اكثر من مسوّين لذلك قمنا بإضافة قائمة الزيارة A في معادلة ديناميكية العصبونات وذلك لاستبعاد المسوّات التي مرت بها الرزمة سابقاً ومنع وقوع الرزمة في دّارة ، حيث زادت هذه العملية من كفاءة النظام المقترح في تمكينه من إرسال الرزمة بشكل امين محافظاً عليها إلى أن تصل الرزمة إلى محطة استلامها. ويكون بذلك النظام قد تمكن من ضمان وصول الرزمة إلى محطة استلامها بقدر ما يمكن مانعاً وقوع الرزمة في مشكلة الدّارة ، حيث تم ازدياد عملية ضمان الخدمة.

### ٣-١-٤ دراسة تأثير تغيير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على عدد دورات القرار:

توضح هذه الدراسة مدى تأثير القيم الابتدائية للعصبونات في عدد دورات الشبكة العصبية للوصول إلى قرار صحيح من أجل إرسال الرزمة إلى المسوّ التالي بـ إتجاه المسوّ الهدف، إذ طبقت هذه الدراسة على نماذج شبكات الاتصالات المستخدمة في الفقرة (٣-٢) وتم احتساب النتائج لكل نموذج شبكة وباستخدام مسار محدد ومسار عشوائي. إذ يشير المسار المحدد إلى استخدام عقدتي مصدر وهدف ثابتتين لكل المحاولات على حين أنّ المسار العشوائي يعني استخدام عقدتي مصدر وهدف عشوائيتين لكل محاولة. يتم احتساب متوسط متوسطات عدد دورات الشبكة العصبية للوصول إلى قرار على طول المسار ولعشر محاولات باستخدام الصيغة الآتية:

$$\text{متوسط متوسطات عدد الدورات} = \frac{\sum_{j=1}^{PL} I_{\text{iter}_j}}{10.0}$$

إذ إن PL : يمثل طول المسار

$I_{\text{iter}_j}$  : عدد الدورات التي وصلت لها الشبكة العصبية للحصول على قرار داخل العقدة z الموجودة على المسار المحسوب.

فقد تم احتساب ذلك المتوسط باستخدام حمل ثابت في شبكة الاتصالات ولكل المحاولات ، وباستخدام حمل متغير لكل محاولة. وقد تم استخدام مديات مختلفة للقيم الابتدائية للعصبونات.

وباستخدام نموذج الشبكة المبين في الشكل (٣-١١) وتثبيت  $\rho = 0.6$  لدراسة تأثير تغيير مدى القيم الابتدائية للعصبونات على عدد دورات القرار ، إذ يبين الجدولين (٣-٢٩) و (٣-٣٠) النتائج التي حصلنا عليها باستخدام مسار محدد ومسار عشوائي على التوالي.

جدول(٣-٢٩):تأثير تغيير مدى القيم الابتدائية للعصبونات في عدد الدورات باستخدام مسار محدد

متوسط متوسطات عدد دورات الشبكة العصبية للوصول إلى قرار على طول المسار		أقصى قيمة ابتدائية $\alpha$
حمل متغير لكل محاولة	حمل ثابت لكل المحاولات	
٥.٩٧٠	٤.٦٥٠	٠.١
٥.٨٠٠	٤.٨٠٠	٠.٢
٦.٠٠٠	٥.١٥٠	٠.٣
٥.٨٣٣	٥.٣٦٧	٠.٤
٥.٩٨٣	٥.٥٣٣	٠.٥
٥.٩٣٣	٥.٢٦٧	٠.٦

جدول (٣٠-٣): تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات في عدد الدورات باستخدام مسار عشوائي

متوسط متوسطات عدد دورات الشبكة العصبية للوصول إلى قرار على طول المسار		أقصى قيمة ابتدائية $\alpha$
حمل متغير لكل محاولة	حمل ثابت لكل المحاولات	
٦.١٠٠	٤.٩٠٠	٠.١
٥.٨٥٣	٥.٤٥٠	٠.٢
٥.٤٨٣	٥.٦٤٠	٠.٣
٥.٤٨٣	٥.٧٥٠	٠.٤
٥.٥٥٠	٤.٩٨٣	٠.٥
٦.٤٢٠	٥.٧٢١	٠.٦

على حين يبين الجدولين (٣١-٣) و(٣٢-٣) النتائج التي تم الحصول عليها وباستخدام نموذج الشبكة المبين في الشكل (١٢-٣) مع تثبيت قيمة  $\rho = ٠.٤٥$  وباستخدام المسار المحدد والمسار العشوائي على التوالي.

جدول (٣١-٣): تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات في عدد الدورات باستخدام مسار محدد

متوسط متوسطات عدد دورات الشبكة العصبية للوصول إلى قرار على طول المسار		أقصى قيمة ابتدائية $\alpha$
حمل متغير لكل محاولة	حمل ثابت لكل المحاولات	
٦.١٥٥	٥.٥٥٠	٠.١
٦.٤٩١	٤.٥٧٠	٠.٢
٦.٧١٥	٧.٤٢٠	٠.٣
٦.١٤٢	٥.٣٠٠	٠.٤
٦.٢٠٠	٦.٩٣٠	٠.٥
٦.٣٢٢	٩.١١٥	٠.٦

جدول (٣٢-٣): تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات في عدد الدورات باستخدام مسار عشوائي

متوسط متوسطات عدد دورات الشبكة العصبية للوصول إلى قرار على طول المسار		أقصى قيمة ابتدائية $\alpha$
حمل متغير لكل محاولة	حمل ثابت لكل المحاولات	
٥.٠٦٧	٤.٣٣٧	٠.١
٥.٧٧٥	٥.٤٣٥	٠.٢
٧.٠٢١	٥.٨٠٠	٠.٣
٥.٥٢٥	٦.١٤٠	٠.٤
٦.١٠٠	٥.٦٨١	٠.٥
٦.٤٧٦	٥.٤٧٧	٠.٦

يبين الجدولين (٣٣-٣) و (٣٤-٣) النتائج التي تم الحصول عليها بإستخدام نموذج الشبكة المبين في الشكل (١٣-٣) مع تثبيت  $\rho = 0.35$  بإستخدام المسار المحدد والمسار العشوائي على التوالي.

جدول(٣٣-٣):تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات في عدد الدورات باستخدام مسار محدد

متوسط متوسطات عدد دورات الشبكة العصبية للوصول إلى قرار على طول المسار		أقصى قيمة ابتدائية $\alpha$
حمل متغير لكل محاولة	حمل ثابت لكل المحاولات	
٧.٠٠٠	٦.٩٥٠	٠.١
٧.١٠٦	٦.٩١٢	٠.٢
٦.٨١٠	٦.٨٧٠	٠.٣
٧.٢٥٢	٦.٩٧٦	٠.٤
٦.٨٥٧	٦.٨٣٥	٠.٥
٧.٣٠٠	٧.٥٨١	٠.٦

جدول(٣٤-٣):تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات في عدد الدورات باستخدام مسار عشوائي

متوسط متوسطات عدد دورات الشبكة العصبية للوصول إلى قرار على طول المسار		أقصى قيمة ابتدائية $\alpha$
حمل متغير لكل محاولة	حمل ثابت لكل المحاولات	
٥.٨٦٢	٥.١٦٠	٠.١
٥.٦٦٧	٥.٢٧٣	٠.٢
٦.٠٨٦	٥.٣٣٣	٠.٣
٥.٣٢٥	٥.٩٣٨	٠.٤
٥.٩٥٥	٦.٤٥٥	٠.٥
٥.٨٥٠	٥.٨٥٨	٠.٦

يبين الجدولين (٣٥-٣) و (٣٦-٣) النتائج التي تم الحصول عليها بإستخدام نموذج الشبكة المبين في الشكل (١٤-٣) مع تثبيت  $\rho = 0.2$  بإستخدام المسار المحدد والمسار العشوائي على التوالي.

جدول(٣٥-٣):تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات في عدد الدورات باستخدام مسار محدد

متوسط متوسطات عدد دورات الشبكة العصبية للوصول إلى قرار على طول المسار		أقصى قيمة ابتدائية $\alpha$
حمل متغير لكل محاولة	حمل ثابت لكل المحاولات	
٧.٣٨٢	٨.٠٩٨	٠.١
٧.٢٤١	٧.٨٠٠	٠.٢
٧.٩٦٥	٧.٣٢٥	٠.٣
٦.٩١١	٧.٢٣٥	٠.٤
٧.١٨٢	٧.١٨١	٠.٥

جدول (٣-٣٦): تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات في عدد الدورات باستخدام مسار عشوائي

متوسط متوسطات عدد دورات الشبكة العصبية للوصول إلى قرار على طول المسار		أقصى قيمة ابتدائية $\alpha$
حمل متغير لكل محاولة	حمل ثابت لكل المحاولات	
٥.٥٤٠	٦.٠٠٢	٠.١
٦.١٠٠	٥.٦٨٨	٠.٢
٥.٦٧٧	٥.٤٥٥	٠.٣
٥.٤٩٠	٥.٢٦٢	٠.٤
٥.١١٠	٥.٤٩٢	٠.٥
٤.٩٧٢	٥.٣٦٧	٠.٦

**تعقيب:**

نلاحظ من خلال النتائج التي تم الحصول عليها أن تنسيب قيم عشوائية اصغر للعصبونات ابتدائياً يجعل التقارب لحالة استقرار الشبكة أسرع غالباً.

### ٣-١-٥ دراسة تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات في طول المسار:

توضح هذه الدراسة مدى تأثير القيم الابتدائية للعصبونات في طول المسار المحسوب من خلال محاكاة النظام المقترح على شبكة الاتصالات ، إذ تم تطبيق هذه الدراسة على نماذج الشبكات المستخدمة في الفقرة (٣-١-٢) ، وأحتسبت النتائج بمحاكاة النظام على كل نموذج وباستخدام عقدتي مصدر أو هدف إما محددتين وإما عشوائيتين. فقد تم احتساب طول المسار الأفضل والطول الأسوأ زيادةً على الطول المتوسط ولعشر محاولات وتم أيضاً حساب الانحراف المعياري ، وتمت هذه الحسابات باستخدام حمل ثابت لشبكة الاتصالات ولكل المحاولات وكذلك باستخدام حمل متغير للشبكة ولكل محاولة. يبين الجدول (٣-٣٧) النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام عقدتي مصدر وهدف محددتين (٠-٨) على نموذج الشبكة المبين في الشكل (٣-١١) مع  $\rho = ٠.٦$  كما ويبين الجدول (٣-٣٨) النتائج التي تم التوصل إليها باستخدام عقدتي مصدر وهدف عشوائيتين.

جدول (٣-٣٧): تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات في طول المسار باستخدام عقدتي مصدر وهدف محددتين

طول المسار		أقصى قيمة ابتدائية $\alpha$
حمل متغير لكل محاولة	حمل ثابت لكل المحاولات	

جدول (٣-٣٨): تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات في طول المسار باستخدام عقدتي مصدر وهدف

عشوائيتين

طول المسار								أقصى قيمة ابتدائية $\alpha$
حمل متغير لكل محاولة				حمل ثابت لكل المحاولات				
الانحراف المعياري	الحالة الأسوأ	الحالة الأفضل	لمتوسط	الانحراف المعياري	الحالة الأسوأ	الحالة الأفضل	المتوسط	
١.١٦٦	٥	١	٢.٢	٠.٤٨٩	٢	١	١.٦	٠.١
١.١٦٦	٥	١	٢.٢	٠.٤٨٩	٢	١	١.٦	٠.٢
١.٧٤٤	٦	١	٢.٦	١.٠٩٥	٥	١	٢.٠	٠.٣
١.٧٤٤	٦	١	٢.٦	١.٠٩٥	٥	١	٢.٠	٠.٤
١.٦٤٤	٦	١	٢.٦	١.١٠٠	٥	١	٢.٣	٠.٥
١.٣٣٠	٦	١	٢.٨	١.٩٠٠	٨	١	٢.٧	٠.٦

بينما يبين الجدولين (١-١) و (٤-١) النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام نموذج الشبكة المبين في الشكل (٣-١٢) مع  $\rho = ٠.٤٥$  وباستخدام عقدتي اصل وهدف محددتين (٠-١٥) وعقدتي اصل وهدف عشوائيتين على التوالي.

جدول (٣-٣٩): تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات في طول المسار باستخدام عقدتي مصدر وهدف محددتين

طول المسار								أقصى قيمة ابتدائية $\alpha$
حمل متغير لكل محاولة				حمل ثابت لكل المحاولات				
الانحراف المعياري	الحالة الأسوأ	الحالة الأفضل	لمتوسط	الانحراف المعياري	الحالة الأسوأ	الحالة الأفضل	المتوسط	
٠.٤٠٠	٣	٢	٢.٢	٠.٠٠٠	٢	٢	٢.٠	٠.١
٠.٦٧١	٤	٢	٢.٥	٠.٠٠٠	٢	٢	٢.٠	٠.٢
٠.٤٠٠	٣	٢	٢.٢	٠.٣٠٠	٣	٢	٢.١	٠.٥
٠.٤٠٠	٣	٢	٢.٢	٠.٣٠٠	٣	٢	٢.١	٠.٦

جدول (٤-٣): تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات في طول المسار باستخدام عقدتي مصدر وهدف

طول المسار								أقصى قيمة ابتدائية $\alpha$
حمل متغير لكل محاولة				حمل ثابت لكل المحاولات				
الانحراف المعياري	الحالة الأسوأ	الحالة الأفضل	لمتوسط	الانحراف المعياري	الحالة الأسوأ	الحالة الأفضل	المتوسط	

أما الجدولين (٤١-٣) و (٤٢-٣) فقد تم الحصول على النتائج باستخدام نموذج الشبكة المبين بالشكل (١٣-٣) مع  $\rho = 0.35$  وباستخدام عقدتي اصل وهدف محددتين (٢٤-٠) وعقدتي اصل وهدف عشوائيتين على التوالي.

جدول (٤١-٣): تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات في طول المسار باستخدام عقدتي مصدر وهدف محددتين

طول المسار								أقصى قيمة ابتدائية $\alpha$
حمل متغير لكل محاولة				حمل ثابت لكل المحاولات				
الانحراف المعياري	الحالة الأسوأ	الحالة الأفضل	المتوسط	الانحراف المعياري	الحالة الأسوأ	الحالة الأفضل	المتوسط	
٠.٤٠٠	٣	٢	٢.٢	٠.٠٠٠٠	٢	٢	٢.٠	٠.١
٠.٦٧١	٤	٢	٢.٥	٠.٠٠٠٠	٢	٢	٢.٠	٠.٢
٠.٤٠٠	٣	٢	٢.٢	٠.٣٠٠	٣	٢	٢.١	٠.٥
٠.٤٠٠	٣	٢	٢.٢	٠.٣٠٠	٣	٢	٢.١	٠.٦

جدول (٤٢-٣): تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات في طول المسار باستخدام عقدتي مصدر وهدف محددتين

طول المسار								أقصى قيمة ابتدائية $\alpha$
حمل متغير لكل محاولة				حمل ثابت لكل المحاولات				
الانحراف المعياري	الحالة الأسوأ	الحالة الأفضل	المتوسط	الانحراف المعياري	الحالة الأسوأ	الحالة الأفضل	المتوسط	
١.١٦٦	٥	١	٢.٨	١.١٣٦	٥	٢	٢.٩	٠.١
١.٠٢٠	٤	١	٢.٦	١.٧٤٤	٧	١	٣.٤	٠.٢
٢.٠٨٨	٨	١	٣.٨	١.٤٩٧	٦	١	٣.٤	٠.٣
١.٤٠٠	٦	١	٣.٢	١.٧٤٤	٧	٢	٤.٤	٠.٤
١.٤٢٨	٧	٣	٤.٤	١.٦٤٠	٧	١	٤.١	٠.٥
١.٥٣٦	٦	١	٣.٢	٢.٠١٣	٨	١	٤.٥	٠.٦

يوضح الجدولين (٤٣-٣) و (٤٤-٣) النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام نموذج الشبكة المبين في الشكل (١٤-٣) مع  $\rho = 0.2$  وباستخدام عقدتي اصل وهدف محددتين (٤٩-٠) وعقدتي اصل وهدف عشوائيتين على التوالي.

جدول (٤٣-٣): تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات في طول المسار باستخدام عقدتي مصدر وهدف محددتين

طول المسار								أقصى قيمة ابتدائية $\alpha$
حمل متغير لكل محاولة				حمل ثابت لكل المحاولات				
الانحراف المعياري	الحالة الأسوأ	الحالة الأفضل	المتوسط	الانحراف المعياري	الحالة الأسوأ	الحالة الأفضل	المتوسط	
٩.٦٥٠	٤٥	١٢	١٦.٤	٠.٩٨٠	١٤	١٢	١٣.٢	٠.١
١.٦٢٠	١٧	١٢	١٣.٧	١.٠٢٥	١٥	١٢	١٣.٥	٠.٢
٢.٩٧٥	٢٢	١٢	١٤.٥	٨.٥٩١	٤٢	١٢	١٧.٠	٠.٣
٢.٨٧١	٢٠	١١	١٥.٦	٦.١٤٥	٣٤	١٢	١٧.٨	٠.٥
٥.٥٠٤	٣٣	١٣	١٩.١	١٠.١٦٠	٤١	١٣	٢٤.٠	٠.٦

جدول (٤٤-٣): تأثير تغير مدى القيم الابتدائية للعصبونات في طول المسار باستخدام عقدتي مصدر وهدف عشوائيتين

طول المسار								أقصى قيمة ابتدائية $\alpha$
حمل متغير لكل محاولة				حمل ثابت لكل المحاولات				
الانحراف المعياري	الحالة الأسوأ	الحالة الأفضل	المتوسط	الانحراف المعياري	الحالة الأسوأ	الحالة الأفضل	المتوسط	
٩.٤٤٠	٣٥	١	٧.١	١.٧٢١	٩	٣	٦.٢	٠.١
٩.٤٤٠	٣٥	١	٧.١	١.٩٠٠	٩	٣	٦.٣	٠.٢
٤.٦٥٢	١٨	٢	٦.٦	٢.٣١٥	١٠	٣	٦.٨	٠.٣
٣.٣٦٠	١١	٢	٦.١	٣.٢٣١	١٣	٣	٦.٤	٠.٤
٤.٦٧٤	١٨	٢	٦.٥	٣.٣٤١	١٥	٣	٦.٢	٠.٥
٤.٦٧٤	١٨	٢	٦.٥	٩.٨٩١	٣٥	٣	١٣.٤	٠.٦

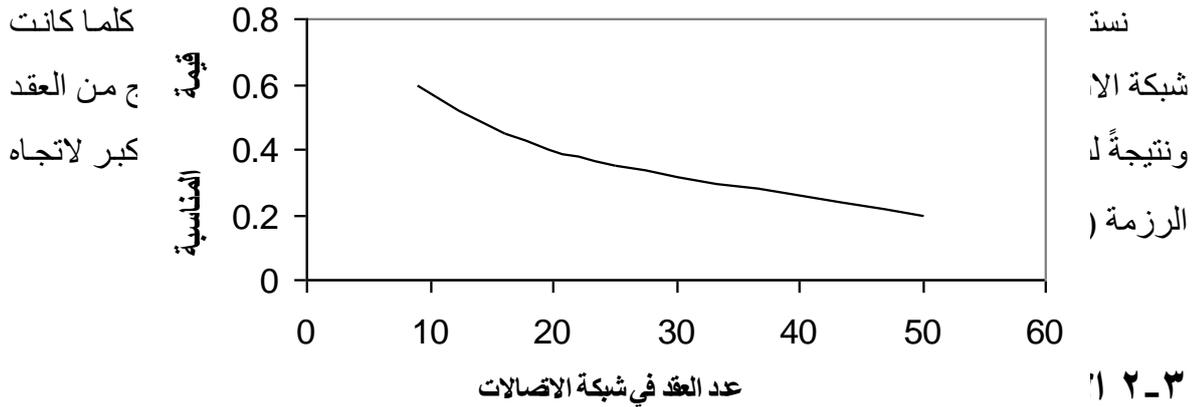
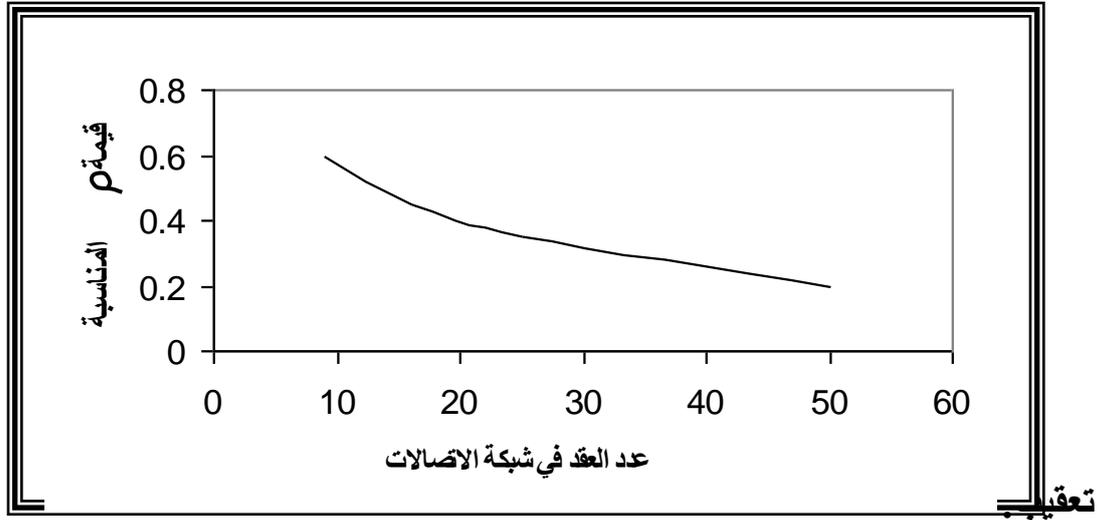
تعقيب:

نلاحظ من خلال النتائج التي تم الحصول عليها أن تنسيب قيم عشوائية اصغر للعصبونات ابتدائياً ينتج غالباً مسارات اقصر.

### ٣-١-٦ دراسة تأثير حجم شبكة الاتصالات في قيمة $\rho$ المناسبة:

توضح هذه الدراسة مدى تأثير حجم شبكة الاتصالات على قيمة  $\rho$  ، حيث تم تطبيق هذه الدراسة على نماذج الشبكات المستخدمة في الفقرة (٣-١-٢) ، وأحتسبت النتائج بمحاكاة النظام على كل نموذج

ومن ثم تحديد قيمة  $\rho$  المناسبة التي تتلاءم مع حجم شبكة الاتصالات ، حيث يوضح الشكل (٣-١٥) علاقة  $\rho$  مع حجم شبكة الاتصالات.



تعد عملية التسيير أحد المشاكل العملية في شبكات الاتصالات. فالوظيفة الأساسية لخوارزمية التسيير هو توجيه الرزم خلال شبكة الاتصالات إلى محطات استلامها الصحيحة. ونظراً للقدرات والإمكانات العالية والنجاح الذي حققته الشبكات العصبية كاسلوب عام لحل العديد من مسائل الامثلية الصعبة والمعقدة لذلك تم استخدام شبكة هوبفيلد لإنجاز مهمة التسيير في شبكات الاتصالات. يمكن تلخيص نتائج المحاكاة لنظام التسيير المقترح في التالي :

١- تقارب سريع جداً إلى القرار الصحيح باستخدام شبكة عصبية اصطناعية وبلاستناد على قاعدة بيانات جدول التسيير والمتوفرة داخل المسوّ. حيث يمكن الحصول على هذا القرار في اقل من ١٠ دورات تقريباً.

٢- باستخدام هذه المعمارية لنظام التسيير يمكنه أن يتأقلم للتعرّف الديناميكي في بيئة شبكة الاتصالات مثل ازدحام المرور وعطل المسوّ أو الموصل.

- ٣- كما تمتاز الشبكة العصبية المستخدمة داخل كل مسو بصغرها وبساطتها والعدد القليل للعصبونات فيها الذي يتناسب مع عدد المسووات الجيران. وهذه المعمارية البسيطة تجعل إمكانية تنفيذها مادياً سهلة مما يزيد من أداء المسو.
- ٤- تجنب الوقوع في دوّارات عند نقل الرزمة من المصدر إلى الهدف وذلك من خلال استخدام منظومة الزيارة في معادلة ديناميكية العصبون.
- ٥- تجنب المسارات المزدحمة قدر المستطاع أثناء إرسال الرزم ويكون بذلك قد أدى الخدمة بأفضل جهد في إيصال الرزمة إلى هدفها مع تقليل الازدحام على شبكة الاتصالات.
- ٦- تنسيب قيم عشوائية اصغر ابتدائياً للعصبونات يسرع غالباً من تقارب النظام إلى مسارات اقصر.
- ٧- تتناسب قيمة  $\rho$  المناسبة عكسياً مع حجم شبكة الاتصالات.
- ٨- يمكن لخوارزمية التسيير أن تجد المسار الأمثل أو المقبول وبصورة كفوءة بالاعتماد على المعلومات المحلية فقط.

### ٣-٣ الأعمال المستقبلية:

- إن الأداء الواعد والنتائج الجيدة التي توصل إليها النظام المقترح جعلت منها منطلقاً نحو تحسينات جديدة ، حيث لا تتضمن هذه التحسينات تغييراً للهيكل العام للنظام المقترح وعليه كعمل مستقبلي نوصي بالمقترحات الآتية:
- ١- إنجاز بقية الوظائف في معمارية الخدمات المتكاملة داخل المسو.
  - ٢- جعل النظام المقترح يدعم التسيير متعدد محطات الهدف.
  - ٣- جعل النظام المقترح يدعم الخدمة المضمونة.
  - ٤- توسيع النظام المقترح لدعم عملية التسيير كبروتوكول تسيير خارجي.

جدول (٣-٢٥): حالة شبكة الاتصالات الابتدائية المستخدمة في المحاكاة

السعة الحرة المتوافرة	المسار الأقصر من كل مسير إلى بقية المسيرات في شبكة الاتصالات																								رقم المسير	
	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١		٠
١٨	٦	٦	٥	٤	٤	٦	٥	٤	٣	٣	٥	٤	٣	٢	٢	٤	٣	٢	١	١	٤	٣	٢	١	٠	٠
١٣	٦	٦	٥	٤	٤	٦	٥	٤	٣	٤	٥	٤	٣	٢	٣	٤	٣	٢	١	٢	٣	٢	١	٠	١	١
٣	٥	٥	٤	٥	٥	٥	٤	٣	٤	٥	٤	٣	٢	٣	٤	٣	٢	١	٢	٣	٤	١	٠	١	٢	٣
١٩	٤	٤	٥	٦	٦	٤	٣	٤	٥	٦	٣	٢	٣	٤	٥	٢	١	٢	٣	٤	١	٠	١	٢	٣	٤
١	٤	٤	٥	٦	٦	٣	٣	٤	٥	٦	٢	٢	٣	٤	٥	١	١	٢	٣	٤	٠	١	٢	٣	٤	٤
١٥	٦	٦	٥	٤	٣	٦	٥	٤	٣	٢	٥	٤	٣	٢	١	٤	٣	٢	١	٠	٤	٤	٣	٢	١	٠
١٥	٥	٥	٤	٣	٣	٥	٤	٣	٢	٣	٤	٣	٢	١	٢	٣	٢	١	٠	١	٣	٣	٢	١	١	٦
١٢	٤	٤	٣	٤	٤	٤	٣	٢	٣	٤	٣	٢	١	٢	٣	٢	١	٠	١	٢	٢	٢	١	٢	٢	٧
٨	٣	٣	٤	٥	٢	٣	٢	٣	٤	٥	٢	١	٢	٣	٤	١	٠	١	٢	٣	١	١	٢	٣	٣	٨
١٠	٣	٤	٥	٦	٦	٢	٣	٤	٥	٦	١	٢	٣	٤	٥	٠	١	٢	٣	٤	١	٢	٣	٤	٤	٩
٦	٥	٥	٤	٣	٢	٥	٤	٣	٢	١	٤	٣	٢	١	٠	٥	٤	٣	٢	١	٥	٥	٤	٣	٢	١٠
٦	٤	٤	٣	٢	٢	٤	٣	٢	١	٢	٣	٢	١	٠	١	٤	٣	٢	١	٢	٤	٤	٣	٢	١	١١
٦	٣	٣	٢	٣	٣	٣	٢	١	٢	٣	٢	١	٠	١	٢	٣	٢	١	٢	٣	٣	٣	٢	١	٢	١٢
١٨	٢	٢	٣	٤	٤	٢	١	٢	٣	٤	١	٠	١	٢	٣	٢	١	٢	٣	٤	٢	٢	٣	٤	٤	١٣
١٣	٢	٣	٤	٥	٥	١	٢	٣	٤	٥	٠	١	٢	٣	٤	١	٢	٣	٤	٥	٢	٣	٤	٥	٥	١٤
١٨	٤	٤	٣	٢	١	٤	٣	٢	١	٠	٥	٤	٣	٢	١	٦	٥	٤	٣	٢	٦	٦	٥	٤	٣	١٥
١٣	٣	٣	٢	١	١	٣	٢	١	٠	١	٤	٣	٢	١	٢	٥	٤	٣	٢	٣	٥	٥	٤	٣	٣	١٦
٣	٢	٢	١	٢	٢	٢	١	٠	١	٢	٣	٢	١	٢	٣	٤	٣	٢	٣	٤	٤	٤	٣	٤	٤	١٧
١٨	١	١	٢	٣	٣	١	٠	١	٢	٣	٢	١	٢	٣	٤	٣	٢	٣	٤	٥	٣	٣	٠	٥	٥	١٨
١٢	١	٢	٣	٤	٤	٠	١	٢	٣	٤	١	٢	٣	٤	٥	٢	٣	٤	٥	٦	٣	٤	٥	٦	٦	١٩
٥	٤	٣	٢	١	٠	٤	٣	٢	١	١	٥	٤	٣	٢	١	٦	٥	٤	٣	٢	٦	٦	٥	٤	٤	٢٠
٧	٣	٢	١	٠	١	٤	٣	٢	١	٢	٥	٤	٣	٢	١	٦	٥	٤	٣	٤	٦	٦	٥	٤	٤	٢١
١٢	٢	١	٠	١	٢	٣	٢	١	٢	٣	٤	٣	٢	١	٤	٥	٤	٣	٤	٥	٥	٥	٤	٥	٥	٢٢
١٧	١	٠	١	٢	٣	٢	١	٢	٣	٤	٣	٢	١	٢	٣	٤	٥	٤	٣	٤	٥	٤	٥	٦	٦	٢٣
١٧	٠	١	٢	٣	٤	١	١	٢	٣	٤	٢	١	٢	٣	٤	٥	٤	٣	٤	٥	٦	٤	٥	٦	٦	٢٤

جدول (٣-٢٦) : نتائج المحاكاة

المسار الكامل	الهدف	المصدر	#	المسار الكامل	الهدف	المصدر	#
٢٢ ← ٢٣ ← ١٨ ← ١٣ ← ١٢	٢٢	١٢	٢٦	٢٤ ← ١٨ ← ١٣ ← ٨ ← ٧ ← ٦ ← ٠	٢٤	٠	١
٦ ← ٧ ← ٨ ← ١٣	٦	١٣	٢٧	٤ ← ٣ ← ٨ ← ٧ ← ٦ ← ٠	٤	٠	٢
٢٢ ← ٢٣ ← ١٨ ← ١٣	٢٢	١٣	٢٨	٩ ← ٨ ← ٧ ← ٦ ← ١	٩	١	٣
٧ ← ٨ ← ١٣ ← ١٤	٧	١٤	٢٩	١٨ ← ١٣ ← ١٢ ← ٧ ← ٦ ← ١	١٨	١	٤
٢٤ ← ١٩ ← ١٤	٢٤	١٤	٣٠	٧ ← ٢	٧	٢	٥
٤ ← ٣ ← ٨ ← ٧ ← ٦ ← ١١ ← ١٦ ← ١٥	٤	١٥	٣١	١١ ← ٦ ← ١ ← ٢	١١	٢	٦
١١ ← ١٦ ← ١٥	١١	١٥	٣٢	١٤ ← ١٣ ← ٨ ← ٣	١٤	٣	٧
٢٣ ← ٢٢ ← ٢١ ← ١٦	٢٣	١٦	٣٣	١٩ ← ١٨ ← ١٣ ← ٨ ← ٣	١٩	٣	٨
٠ ← ٥ ← ١٠ ← ١٥ ← ١٦	٠	١٦	٣٤	٠ ← ١ ← ٢ ← ٣ ← ٤	٠	٤	٩
٨ ← ١٣ ← ١٨ ← ١٧	٨	١٧	٣٥	١٦ ← ٢١ ← ٢٢ ← ٢٣ ← ١٨ ← ١٣ ← ٨ ← ٣ ← ٤	١٦	٤	١٠
١٤ ← ١٣ ← ١٨ ← ١٧	١٤	١٧	٣٦	١٩ ← ١٨ ← ١٣ ← ٨ ← ٧ ← ٦ ← ٥	١٩	٥	١١
٩ ← ١٤ ← ١٣ ← ١٨	٩	١٨	٣٧	١٢ ← ٧ ← ٦ ← ٥	١٢	٥	١٢
٢٠ ← ١٥ ← ١٦ ← ٢١ ← ٢٢ ← ٢٣ ← ١٨	٢٠	١٨	٣٨	١٨ ← ١٣ ← ٨ ← ٧ ← ٦	١٨	٦	١٣
٥ ← ٦ ← ٧ ← ٨ ← ١٣ ← ١٨ ← ١٩	٥	١٩	٣٩	١٣ ← ٨ ← ٧ ← ٦	١٣	٦	١٤
١٠ ← ١١ ← ١٢ ← ١٣ ← ١٨ ← ١٩	١٠	١٩	٤٠	٢٢ ← ٢٣ ← ١٨ ← ١٣ ← ١٢ ← ٧	٢٢	٧	١٥
٤ ← ٣ ← ٨ ← ٧ ← ٦ ← ١١ ← ١٦ ← ٢٠	٤	٢٠	٤١	١٥ ← ١٠ ← ٥ ← ٦ ← ٧	١٥	٧	١٦
٧ ← ٦ ← ٥ ← ١٠ ← ١٥ ← ١٦ ← ٢٠	٧	٢٠	٤٢	٢ ← ٣ ← ٨	٢	٨	١٧
٢٤ ← ٢٣ ← ٢٢ ← ٢١	٢٤	٢١	٤٣	٢٣ ← ١٨ ← ١٣ ← ٨	٢٣	٨	١٨
١٥ ← ١٦ ← ٢١	١٥	٢١	٤٤	٠ ← ٦ ← ٧ ← ٨ ← ٩	٠	٩	١٩
٦ ← ٥ ← ١٠ ← ١٥ ← ١٦ ← ٢١ ← ٢٢	٦	٢٢	٤٥	١٦ ← ٢١ ← ٢٢ ← ٢٣ ← ١٨ ← ١٣ ← ١٤ ← ٩	١٦	٩	٢٠
١٢ ← ١٣ ← ١٨ ← ٢٣ ← ٢٢	١٢	٢٢	٤٦	٦ ← ٥ ← ١٠	٦	١٠	٢١
٣ ← ٨ ← ١٣ ← ١٨ ← ٢٣	٣	٢٣	٤٧	٩ ← ٨ ← ٧ ← ٦ ← ٥ ← ١٠	٩	١٠	٢٢
٢٠ ← ١٥ ← ١٦ ← ٢١ ← ٢٢ ← ٢٣	٢٠	٢٣	٤٨	٢١ ← ١٦ ← ١١	٢١	١١	٢٣
٠ ← ١ ← ٢ ← ٣ ← ٨ ← ١٣ ← ١٨ ← ٢٤	٠	٢٤	٤٩	٤ ← ٣ ← ٨ ← ٧ ← ٦ ← ١١	٤	١١	٢٤
٨ ← ١٣ ← ١٨ ← ٢٤	٨	٢٤	٥٠	١ ← ٦ ← ٧ ← ١٢	١	١٢	٢٥

جدول (٣-٢٧) : حالة شبكة الاتصالات الابتدائية المستخدمة في المحاكاة (الجزء الأول)

رقم المسير	المسار الأقصر من كل مسير إلى بقية المسيرات في شبكة الاتصالات																								رقم المسير
	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢٢	٢٣	
٠	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢٢	٢٣	٢٤
١	١	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢٢	٢٣
٢	٢	١	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠	٢١	
٣	٣	٢	١	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠	
٤	٤	٣	٢	١	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	
٥	٥	٤	٣	٢	١	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	
٦	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	
٧	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	
٨	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	
٩	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	
١٠	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	
١١	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	
١٢	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	
١٣	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	
١٤	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	
١٥	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	
١٦	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	
١٧	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	

جدول (٣-٢٧) : حالة شبكة الاتصالات الابتدائية المستخدمة في المحاكاة (الجزء الثالث)

المتوافرة السعة الحرة	المسار الأقصر من كل مسير إلى بقية المسيرات في شبكة الاتصالات																				رقم المسير					
	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥		٤	٣	٢	١	٠
٣	٥	٤	٣	٢	١	٦	٥	٤	٣	٢	٧	٦	٥	٤	٣	٨	٧	٦	٥	٤	٨	٨	٧	٦	٥	٢٥
٥	٤	٣	٢	١	٢	٥	٤	٣	٢	٣	٦	٥	٤	٣	٤	٧	٦	٥	٤	٥	٧	٧	٦	٥	٥	٢٦
١٢	٣	٢	١	٢	٣	٤	٣	٢	٣	٤	٥	٤	٣	٤	٥	٦	٥	٤	٥	٦	٦	٦	٥	٦	٦	٢٧
١١	٤	٤	٥	٦	٦	٤	٣	٤	٥	٦	٣	٢	٣	٤	٥	٢	١	٢	٣	٤	١	٠	١	٢	٣	٢٨
١٩	١	٢	٣	٤	٥	٢	٣	٤	٥	٦	٣	٤	٥	٦	٧	٤	٥	٦	٧	٨	٥	٦	٧	٨	٨	٢٩
٣	٦	٥	٤	٣	٢	٧	٦	٥	٤	٣	٨	٧	٦	٥	٤	٩	٨	٧	٦	٥	٩	٩	٨	٧	٦	٣٠
٨	٥	٤	٣	٢	٣	٦	٥	٤	٣	٤	٧	٦	٥	٤	٥	٨	٧	٦	٥	٦	٨	٨	٧	٦	٦	٣١
١١	٤	٣	٢	٣	٤	٥	٤	٣	٤	٥	٦	٥	٤	٥	٦	٧	٦	٥	٦	٧	٧	٧	٦	٧	٧	٣٢
٢٠	٣	٢	٣	٤	٥	٤	٣	٤	٥	٦	٥	٤	٥	٦	٧	٦	٥	٦	٧	٨	٦	٦	٧	٨	٨	٣٣
١٥	٢	٣	٤	٥	٦	٣	٤	٥	٦	٧	٤	٥	٦	٧	٨	٥	٦	٧	٨	٩	٦	٧	٨	٩	٩	٣٤
٨	٧	٦	٥	٤	٣	٨	٧	٦	٥	٤	٩	٨	٧	٦	٥	١٠	٩	٨	٧	٦	١٠	١٠	٩	٨	٧	٣٥
٣	٦	٥	٤	٣	٤	٧	٦	٥	٤	٥	٨	٧	٦	٥	٦	٩	٨	٧	٦	٧	٩	٩	٨	٧	٧	٣٦
٣	٥	٤	٣	٤	٥	٦	٥	٤	٥	٦	٧	٦	٥	٦	٧	٨	٧	٦	٧	٨	٨	٨	٧	٨	٨	٣٧
١٧	٤	٣	٤	٥	٦	٥	٤	٥	٦	٧	٦	٥	٦	٧	٨	٧	٦	٧	٨	٩	٧	٧	٨	٩	٩	٣٨
٩	٣	٤	٥	٦	٧	٤	٥	٦	٧	٨	٥	٦	٧	٨	٩	٦	٧	٨	٩	١٠	٧	٧	٨	٩	١٠	٣٩
١٥	٨	٧	٦	٥	٤	٩	٨	٧	٦	٥	١٠	٩	٨	٧	٦	١١	١٠	٩	٨	٧	١١	١١	١٠	٩	٨	٤٠
٤	٧	٦	٥	٤	٥	٨	٧	٦	٥	٦	٩	٨	٧	٦	٧	١٠	٩	٨	٧	٨	١٠	١٠	٩	٨	٨	٤١
١٣	٦	٥	٤	٥	٦	٧	٦	٥	٦	٧	٨	٧	٦	٧	٨	٩	٨	٧	٨	٩	٩	٩	٨	٩	٩	٤٢
١٥	٥	٤	٥	٦	٧	٦	٥	٦	٧	٨	٧	٦	٧	٨	٩	٨	٧	٨	٩	١٠	٨	٨	٩	١٠	١٠	٤٣
١٠	٤	٥	٦	٧	٨	٥	٦	٧	٨	٩	٦	٧	٨	٩	١٠	٧	٨	٩	١٠	١١	٨	٩	١٠	١١	١١	٤٤
١١	٨	٧	٦	٥	٥	٩	٨	٧	٦	٦	١٠	٩	٨	٧	٧	١١	١٠	٩	٨	٨	١١	١١	١٠	٩	٩	٤٥
١٤	٨	٧	٦	٥	٦	٩	٨	٧	٦	٧	١٠	٩	٨	٧	٨	١١	١٠	٩	٨	٩	١١	١١	١٠	٩	٩	٤٦



جدول (٣-٢٨) : نتائج المحاكاة (الجزء الثاني)

المسار الكامل	الهدف	المصدر	#	المسار الكامل	الهدف	المصدر	#
٤٩ ← ٤٨ ← ٤٣ ← ٣٨ ← ٣٧	٤٩	٣٧	٧٦	٥ ← ١٠ ← ١٥ ← ٢٠ ← ٢٥	٥	٢٥	٥١
١٨ ← ٢٣ ← ٢٨ ← ٣٣ ← ٣٨	١٨	٣٨	٧٧	٤٥ ← ٤٠ ← ٣٥ ← ٣٠ ← ٢٥	٤٥	٢٥	٥٢
٤٨ ← ٤٣ ← ٣٨	٤٨	٣٨	٧٨	١١ ← ١٦ ← ٢١ ← ٢٦	١١	٢٦	٥٣
٤ ← ٨ ← ١٣ ← ١٨ ← ١٩ ← ٢٤ ← ٢٩ ← ٣٤ ← ٣٩	٤	٣٩	٧٩	٣٨ ← ٣٣ ← ٢٨ ← ٢٧ ← ٢٦	٣٨	٢٦	٥٤
٤٩ ← ٤٨ ← ٤٣ ← ٤٤ ← ٣٩	٤٩	٣٩	٨٠	٤ ← ٨ ← ١٣ ← ١٨ ← ١٩ ← ٢٤ ← ٢٩ ← ٢٨ ← ٢٧	٤	٢٧	٥٥
٢٥ ← ٣٠ ← ٣٥ ← ٤٠	٢٥	٤٠	٨١	٤٧ ← ٤٢ ← ٤٣ ← ٣٨ ← ٣٣ ← ٣٢ ← ٢٧	٤٧	٢٧	٥٦
٩ ← ١٤ ← ١٩ ← ٢٤ ← ٢٩ ← ٢٨ ← ٣٣ ← ٣٢ ← ٣١ ← ٣٠ ← ٣٥ ← ٤٠ ٤ ←	٤	٤٠	٨٢	٣٥ ← ٣٦ ← ٣٧ ← ٣٨ ← ٣٣ ← ٢٨	٣٥	٢٨	٥٧
١١ ← ١٦ ← ٢١ ← ٢٦ ← ٣١ ← ٣٦ ← ٤١	١١	٤١	٨٣	١٤ ← ١٩ ← ٢٤ ← ٢٩ ← ٢٨	١٤	٢٨	٥٨
٢١ ← ٢٦ ← ٣١ ← ٣٦ ← ٤١	٢١	٤١	٨٤	٣٩ ← ٣٤ ← ٢٩	٣٩	٢٩	٥٩
٢ ← ٧ ← ١٢ ← ١٧ ← ٢٢ ← ٢٧ ← ٣٢ ← ٣٧ ← ٤٢	٢	٤٢	٨٥	١٩ ← ٢٤ ← ٢٩	١٩	٢٩	٦٠
٣٠ ← ٣١ ← ٣٢ ← ٣٧ ← ٤٢	٣٠	٤٢	٨٦	٣٩ ← ٣٨ ← ٣٣ ← ٣٢ ← ٣١ ← ٣٠	٣٩	٣٠	٦١
٨ ← ١٣ ← ١٨ ← ٢٣ ← ٢٨ ← ٣٣ ← ٣٨ ← ٤٣	٨	٤٣	٨٧	٢٠ ← ٢٥ ← ٣٠	٢٠	٣٠	٦٢
١٥ ← ١٦ ← ١٧ ← ١٨ ← ٢٣ ← ٢٨ ← ٣٣ ← ٣٨ ← ٤٣	١٥	٤٣	٨٨	١١ ← ١٠ ← ١٥ ← ١٦ ← ٢١ ← ٢٦ ← ٣١	١١	٣١	٦٣
١٤ ← ١٩ ← ٢٤ ← ٢٩ ← ٣٤ ← ٣٩ ← ٤٤	١٤	٤٤	٨٩	٤١ ← ٣٦ ← ٣١	٤١	٣١	٦٤
٣٤ ← ٣٩ ← ٤٤	٣٤	٤٤	٩٠	٢ ← ٧ ← ١٢ ← ١٧ ← ٢٢ ← ٢٧ ← ٣٢	٢	٣٢	٦٥
٥ ← ١٠ ← ١٥ ← ٢٠ ← ٢٥ ← ٣٠ ← ٣٥ ← ٤٠ ← ٤٥	٥	٤٥	٩١	٤٧ ← ٤٢ ← ٣٧ ← ٣٢	٤٧	٣٢	٦٦
٤٩ ← ٤٤ ← ٣٩ ← ٣٤ ← ٣٣ ← ٣٨ ← ٤٣ ← ٤٨ ← ٤٧ ← ٤٦ ← ٤٥	٤٩	٤٥	٩٢	٤٩ ← ٤٨ ← ٤٣ ← ٣٨ ← ٣٣	٤٩	٣٣	٦٧
١ ← ٢ ← ٧ ← ١٢ ← ١٧ ← ١٦ ← ٢١ ← ٢٦ ← ٣١ ← ٣٦ ← ٤١ ← ٤٦	١	٤٦	٩٣	١٣ ← ١٨ ← ٢٣ ← ٢٨ ← ٣٣	١٣	٣٣	٦٨
١٦ ← ٢١ ← ٢٦ ← ٣١ ← ٣٦ ← ٤١ ← ٤٦	١٦	٤٦	٩٤	٤ ← ٨ ← ١٣ ← ١٨ ← ١٩ ← ٢٤ ← ٢٩ ← ٣٤	٤	٣٤	٦٩
٧ ← ١٢ ← ١٧ ← ٢٢ ← ٢٧ ← ٣٢ ← ٣٧ ← ٤٢ ← ٤٧	٧	٤٧	٩٥	١٨ ← ٢٣ ← ٢٨ ← ٣٣ ← ٣٤	١٨	٣٤	٧٠
١٩ ← ٢٤ ← ٢٩ ← ٣٤ ← ٣٣ ← ٣٨ ← ٤٣ ← ٤٢ ← ٤٧	١٩	٤٧	٩٦	٥ ← ١٠ ← ١٥ ← ٢٠ ← ٢٥ ← ٣٠ ← ٣٥	٥	٣٥	٧١
١ ← ٦ ← ١١ ← ١٦ ← ٢١ ← ٢٦ ← ٣١ ← ٣٦ ← ٤١ ← ٤٦	١	٤٦	٩٧	٤٧ ← ٤٢ ← ٣٧ ← ٣٢	٤٧	٣٥	٧٢

