كلية الهندسة
قسم هندسة الروبوت و الأنظمة الذكية

جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

ذكاء صنعي 2

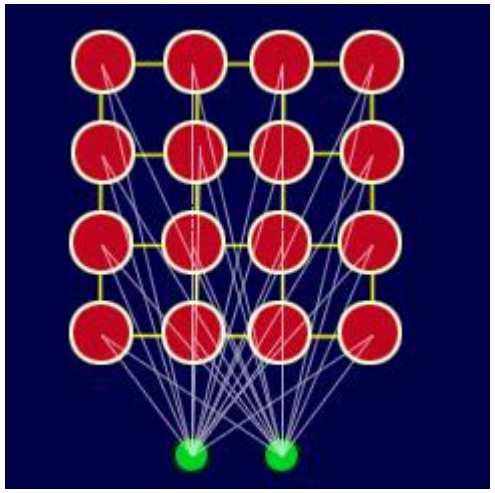
محاضرة 5

Self-Organizing Maps (SOM)

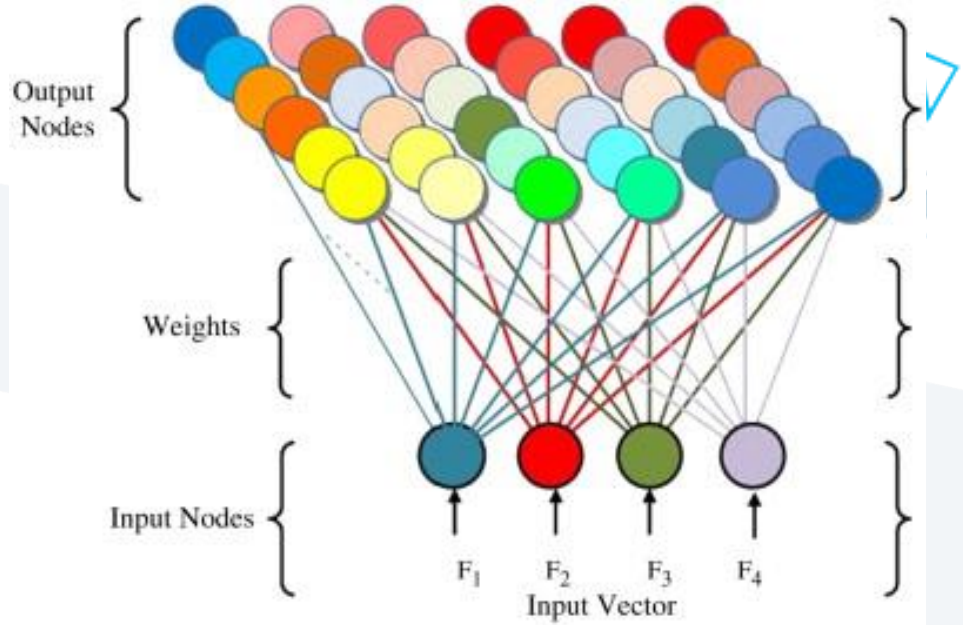
د. فادي متوج

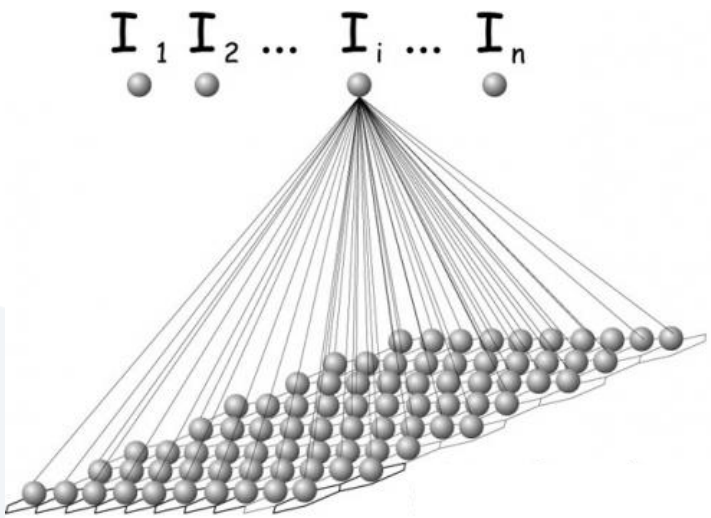
- **الخرائط ذاتية التنظيم** Self-Organizing Maps تسمى أيضاً **شبكات كوهونين** Kohonen Maps
- اقترحها العالم الفلندي Teuvo Kohonen في عام 1982
- هي شبكة عصبية اصطناعية يتم تدريبها بالاعتماد على **التعلم غير المراقب** Unsupervised Learning، بمعنى آخر إن هذا النوع من الشبكات العصبية تدرب نفسها بنفسها (تتميز بعدم وجود هدف target)
- تستخدم SOM بكثرة في عملية **تصنيف البيانات** (data classification and clustering) وتحليلها (data analysis) و إظهارها (data visualization)
- تقدم SOM أيضاً وسيلة **لتمثيل البيانات متعددة الأبعاد** (multidimensional data) في فضاءات ذات أبعاد أقل من ذلك بكثير - عادةً بعد واحد أو بعدين **(تخفض أبعاد البيانات)** مما يسهل عملية فهم هذه البيانات و تحليلها
- عملية تخفيض أبعاد البيانات، هي في الأساس تقنية ضغط بيانات معروفة باسم *vector quantisation*
- وبالإضافة إلى ذلك، فإن شبكة Kohonen تقوم بتخزين المعلومات بطريقة يتم بها الاحتفاظ بأية علاقات ضمن مجموعة التدريب. لذلك تدعى ايضا بخرائط الحفاظ على الخواص

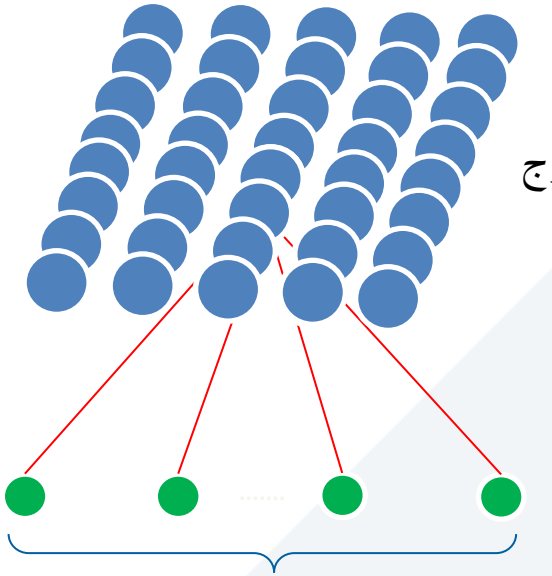
SOM Architecture



- تتكون الشبكة ذاتية التنظيم SOM من مجموعة من العقد (العصبونات) المنتظمة على خريطة ثنائية البعد 2D
- كل عصبون (عقدة) مرتبط ارتباطاً كاملاً بطبقة الدخل
- يمكن أن يتراوح عدد العصبونات من بضع عشرات إلى عدة آلاف
- كل عصبون لديه موقع محدد (إحداثي x، إحداثي y) في الشبكة و يمثل بواسطة شعاع وزن بعده يساوي بعد أشعة الدخل. أي إذا كانت بيانات التدريب تتألف من أشعة V ذات n بعد $V_1\ V_2\ V_3 \dots V_n$ فإن كل عصبون يمثل بشعاع W ذات بعد n $W_1\ W_2\ W_3 \dots W_n$
- لا توجد وصلات بين العقد في الشبكة.
- ويبين الشكل شبكة Kohonen صغيرة جداً مؤلفة من 4X4عقدة متصلة بطبقة الدخل والتي تمثل شعاع ثنائي البعد.

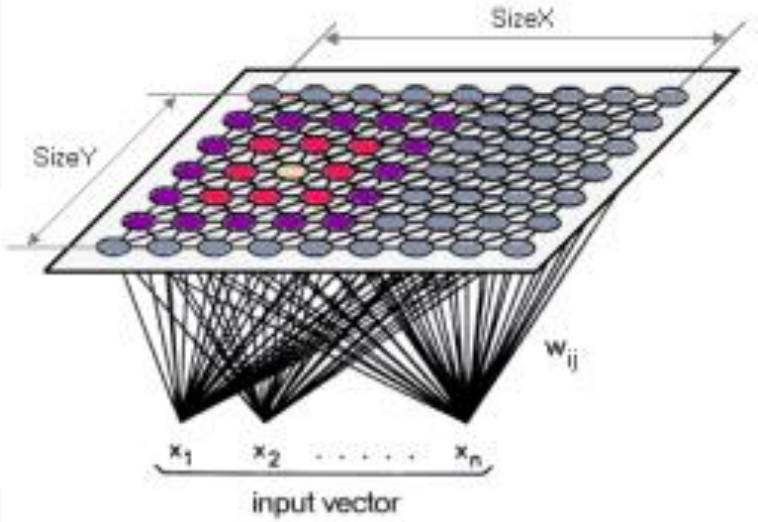




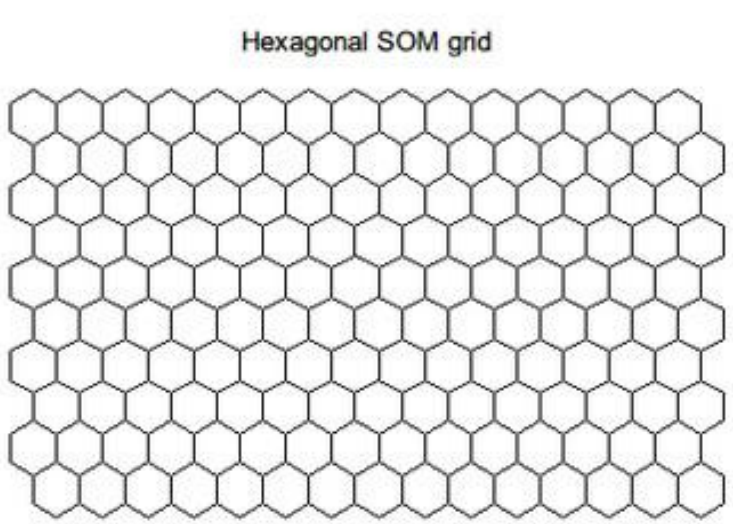


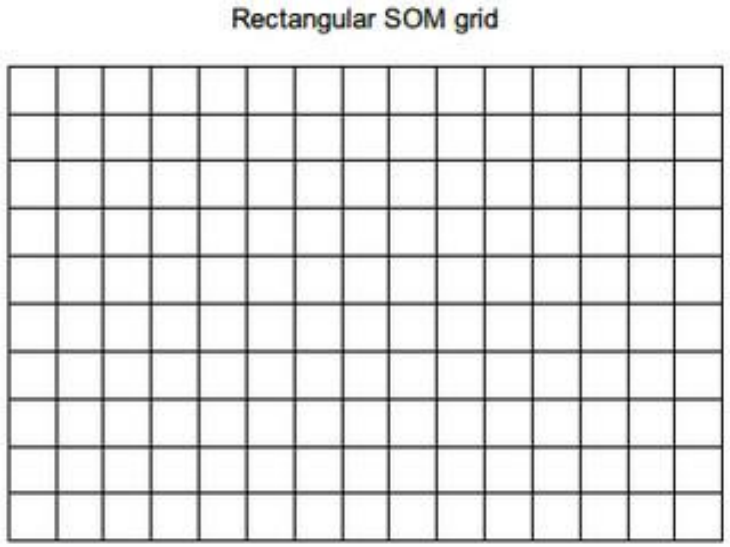
طبقة الخرج

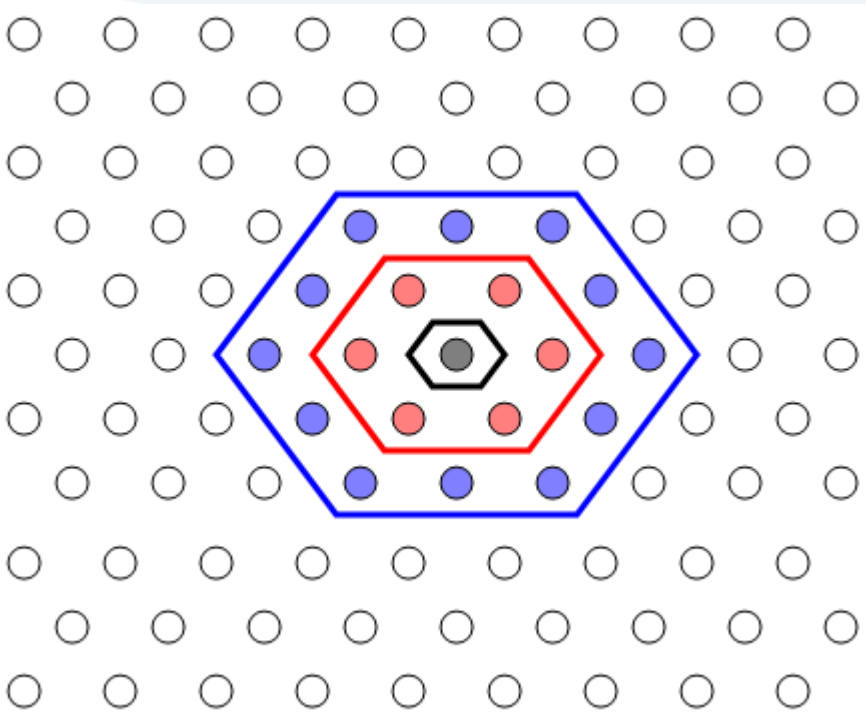
طبقة الدخل

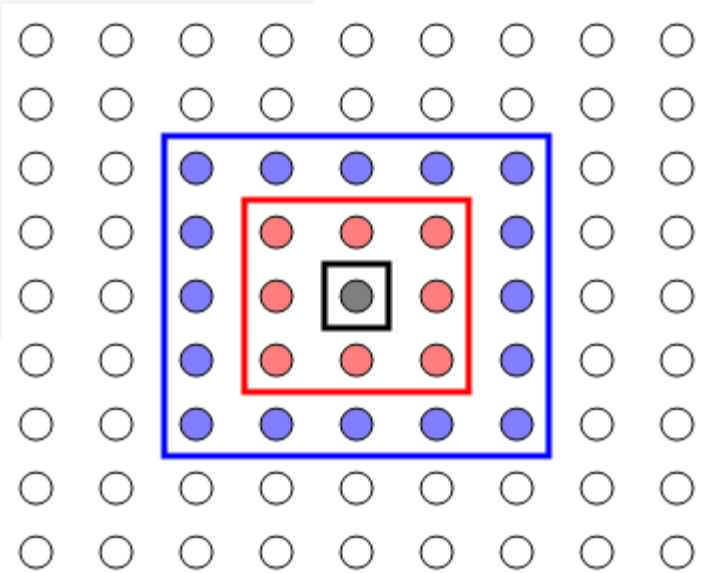


- البنية المستخدمة الأكثر شيوعاً للخريطة هي المستطيلة Rectangular والسداسية Hexagonal.

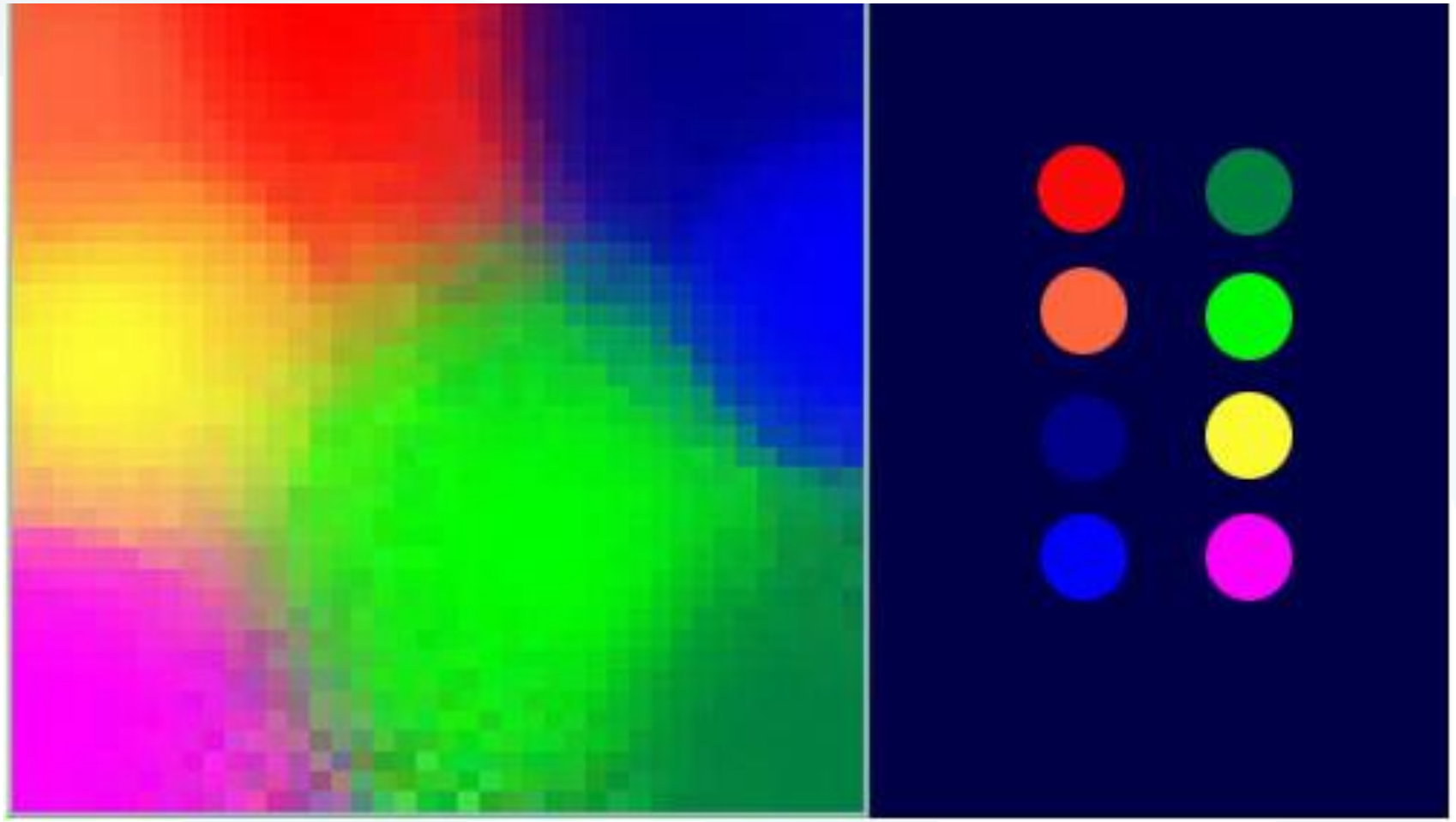








- من الأمثلة الشائعة المستخدمة للمساعدة في فهم SOM هو **تمثيل الألوان** من مكوناتها **ثلاثية الأبعاد** (الأحمر والأخضر والأزرق) في **بعدين**.
- يبين الشكل مثالا على SOM تم تدريبها على التعرف على ثمانية ألوان مختلفة تظهر على اليمين.
- تم عرض الألوان على الشبكة على شكل أشعة ثلاثية الأبعاد (بعد واحد لكل من مكونات اللون) وتعلمت الشبكة على تمثيلهم في فضاء 2D.
- يمكن ملاحظة أنه بالإضافة إلى تجميع الألوان في مناطق مختلفة، فإن المناطق ذات الخصائص المتشابهة هي مجاورة لبعضها البعض.



- لتجنب الخلط بين هذا النوع من الشبكات العصبية و كل ما تعلمناه سابقاً عن الشبكات العصبية، يجب نسيان كل ما تعلمته حول الشبكات العصبية حيث لا يجب النظر إلى شبكات SOM على أنها مكونة من عصبونات لها توابع تفعيل ووصلات تغذية أمامية/عكسية بل من الأفضل النظر إليها على أنها نوع جديد مختلف

Learning Algorithm

1. تهيئة أوزان كل عصبون بشكل عشوائي بحيث $0 < w < 1$
2. اختيار شعاع دخل بشكل عشوائي من مجموعة بيانات الدخل و عرضه على الشبكة
3. فحص كل عصبون لإيجاد العصبون الذي تكون أوزانه مشابهة أكثر لشعاع الدخل. العصبون الفائز يعرف عادةً **بأفضل وحدة مطابقة Best Matching Unit (BMU)**
4. حساب **نصف قطر المنطقة المجاورة لـ BMU**. حيث تكون هذه القيمة في البداية كبيرة، عادة تعطى قيمة مساوية إلى نصف قطرالخريطة، ولكن تقل مع كل خطوة زمنية
5. **تعديل أوزان** العصبون الفائز و أوزان العصبونات المجاورة له (العصبونات التي وجدناها في الخطوة 4) لجعلها أكثر قرباً من شعاع الدخل. كلما كان العصبون أقرب لـ BMU كلما كان تغير أوزانه أكبر
6. تكرار الخطوة الثانية N مرة

- يمكن وصف عملية تعلم SOM كمنافسة **competition** بين العصبونات لتمثيل أشعة الدخل.
- العصبون الذي شعاع وزنه أقرب إلى شعاع الدخل المقدم يفوز في المنافسة.
- يتم تعديل شعاع الوزن للعصبون الفائز وكذلك للعصبونات في المنطقة المجاورة للفائز لكي تشابه أكثر شعاع الدخل

Finding the Best Matching Unit

- إحدى الطرق لتحديد أفضل وحدة مطابقة، هي بحساب **المسافة الإقليدية Euclidean distance** بين **شعاع وزن** كل عقدة و **شعاع الدخل** الحالي. العصبون الذي يكون شعاع وزنه أقرب إلى شعاع الدخل يكون هو الـ BMU

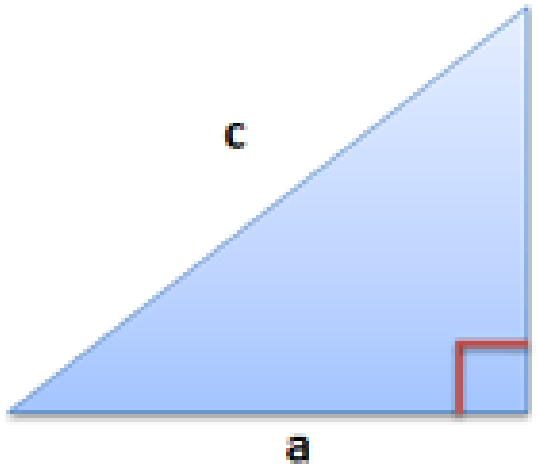
المسافة الإقليدية

$$D = \sqrt{\sum_{i=0}^{i=n} (V_i - W_i)^2}$$

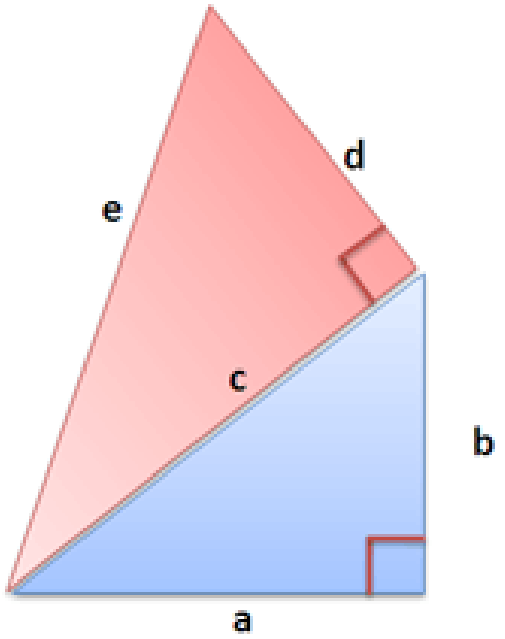
حيث: V هو شعاع الدخل

W هو شعاع الوزن

حساب المسافة الإقليدية باستخدام نظرية فيثاغورث



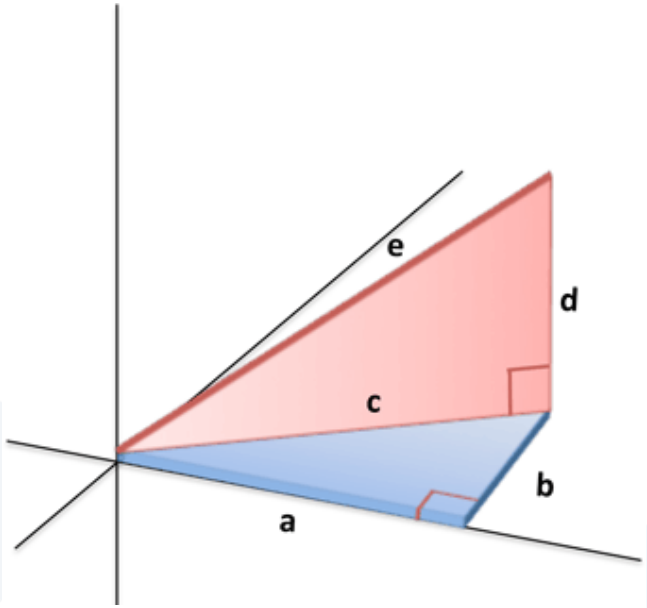
$$a^2 + b^2 = c^2$$



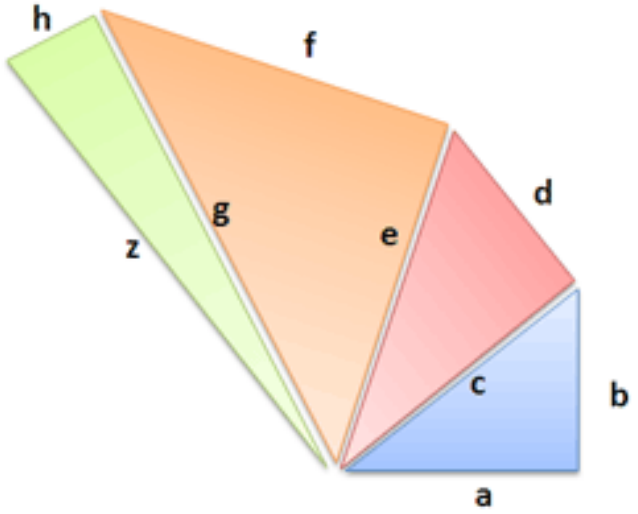
$$a^2 + b^2 = c^2$$
$$c^2 + d^2 = e^2$$

$$\Rightarrow \quad a^2 + b^2 + d^2 = e^2$$

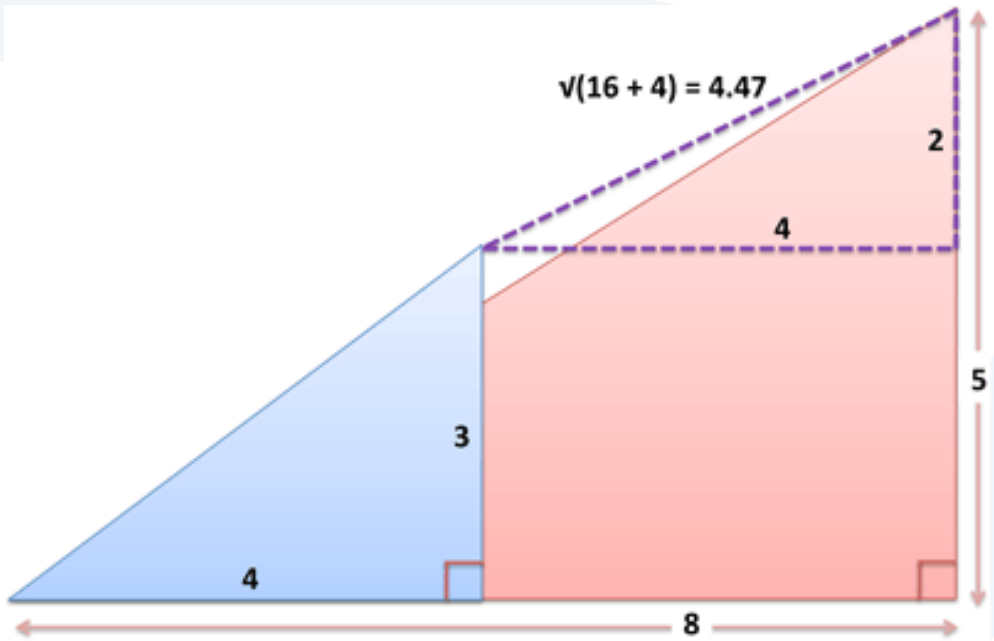
$$x^2 + y^2 + z^2 = distance^2$$



Use Any Number of Dimensions



$$a^2 + b^2 + d^2 + f^2 + h^2 = z^2$$

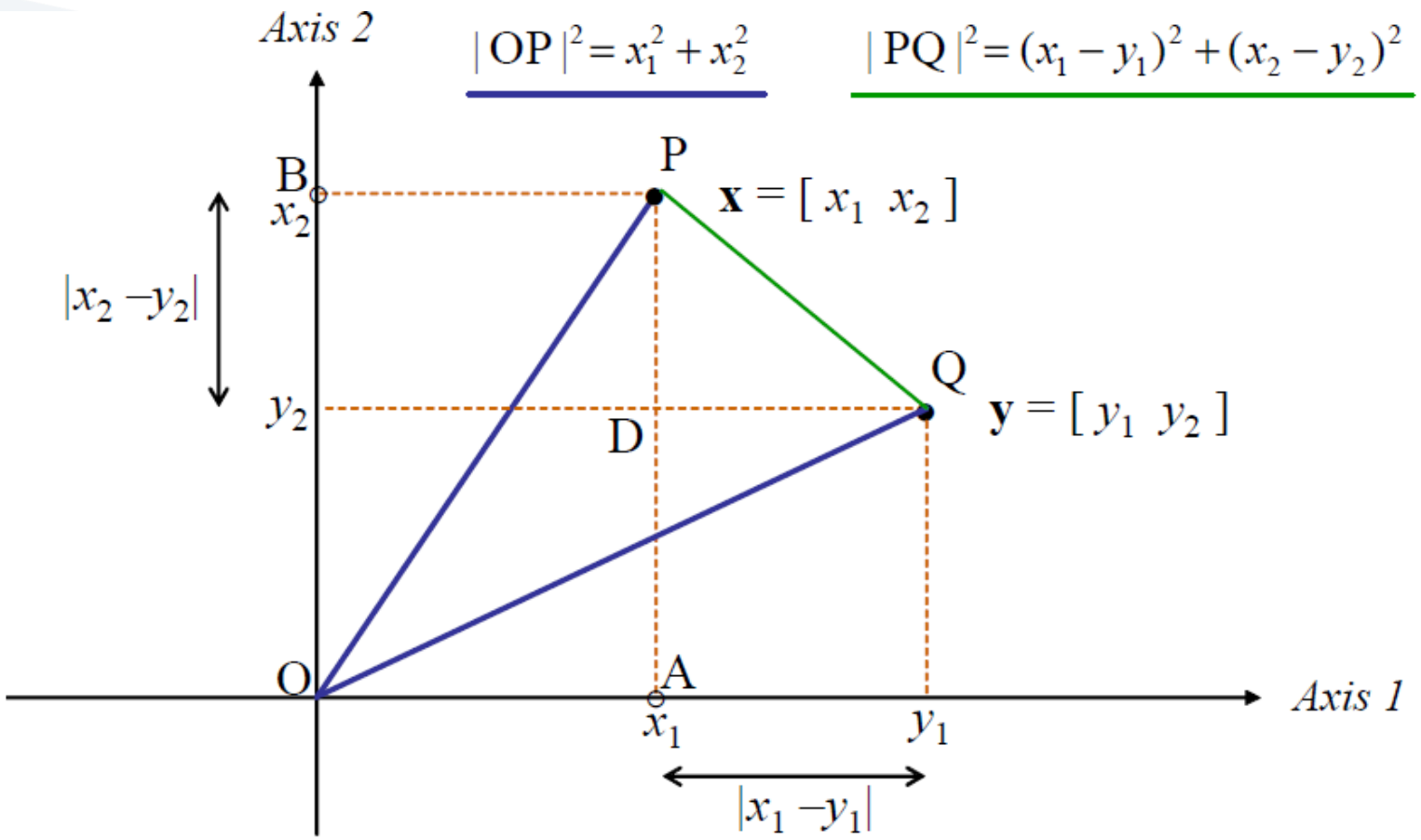


$$distance^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$$

distance between two vectors **x = [*x1 x2*] *and* y = [*y1 y2*]**

$|OP|^2 = x_1^2 + x_2^2$

$|PQ|^2 = (x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2$



$$d^2_{\mathbf{x},\mathbf{y}} = (x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2$$

$$d_{\mathbf{x},\mathbf{y}} = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2}$$

Example

وكمثال على ذلك، لحساب المسافة بين شعاع دخل (1، 0، 0) و شعاع وزن عشوائي (0.1، 0.4، 0.5)

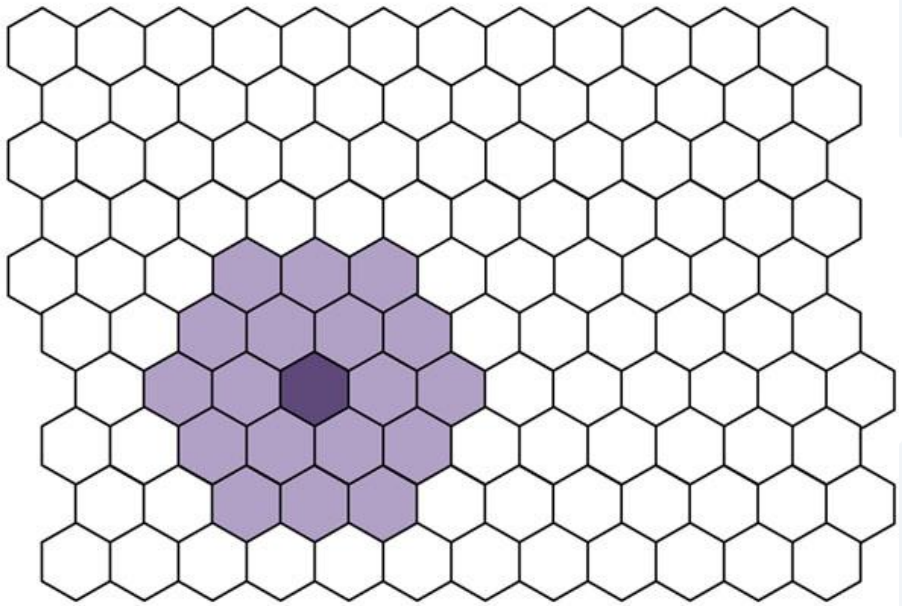
distance = sqrt($(1 - 0.1)^2 + (0 - 0.4)^2 + (0 - 0.5)^2$)

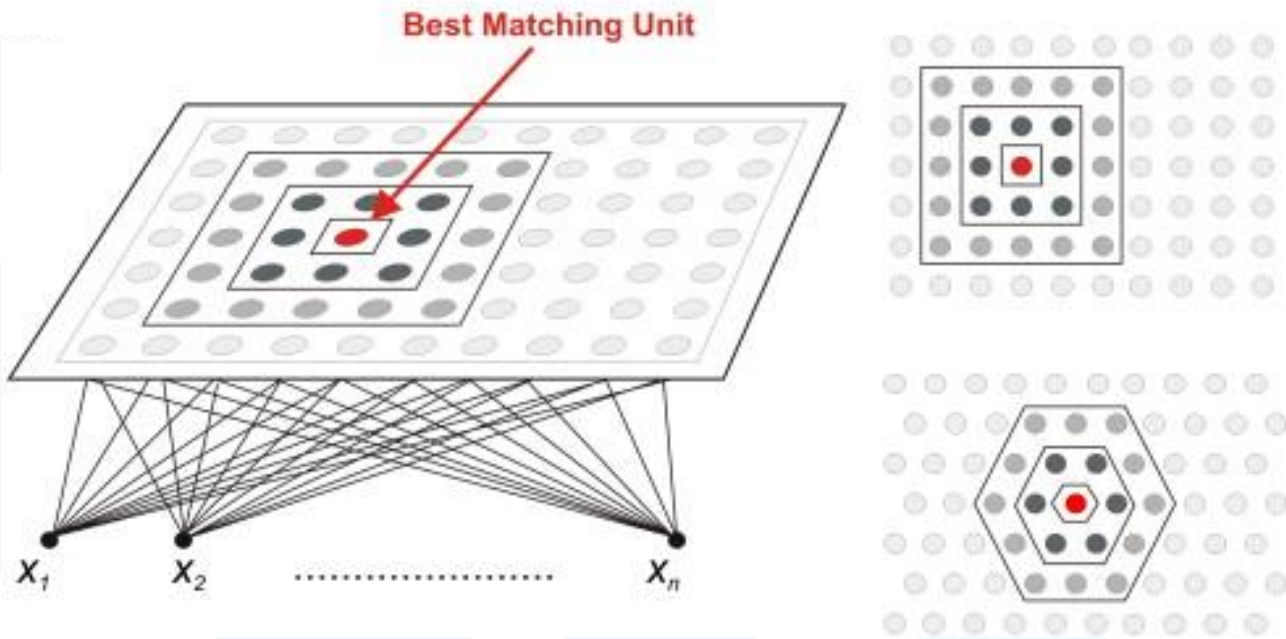
= sqrt($(0.9)^2 + (-0.4)^2 + (-0.5)^2$)

= sqrt(0.81 + 0.16+ 0.25)

= sqrt(1.22)

distance = 1.106




Best Matching Unit
X_1
X_2
X_n

العلاقة الرياضية لتعديل الأوزان

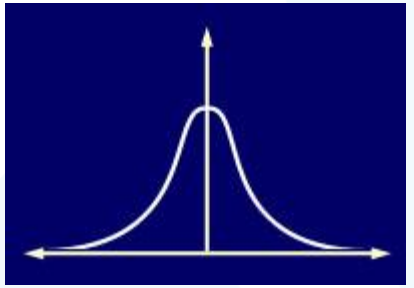
- يتم تعديل أوزان العصبون الفائز و العصبونات المجاورة له وفق العلاقة

معدل التعلم

$$L(t) = L_0 \exp\left(-\frac{t}{\lambda}\right) \qquad t = 1, 2, 3\ldots$$

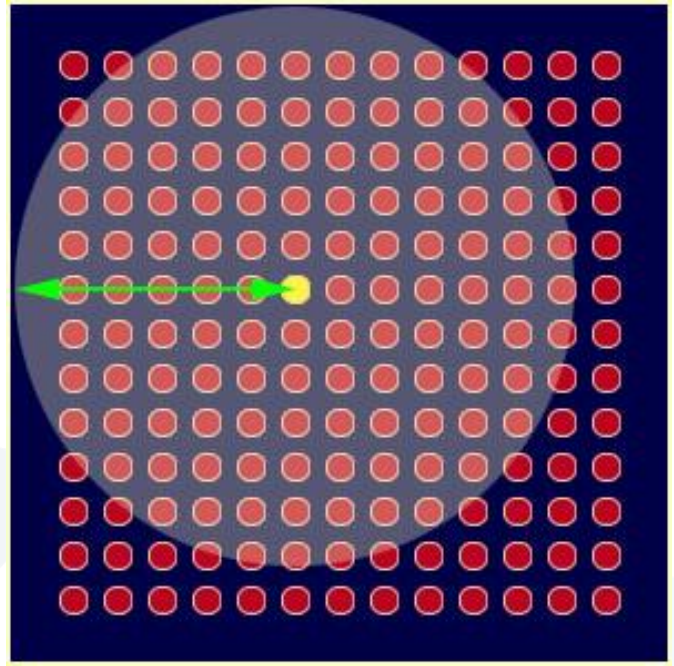
تابع الجوار

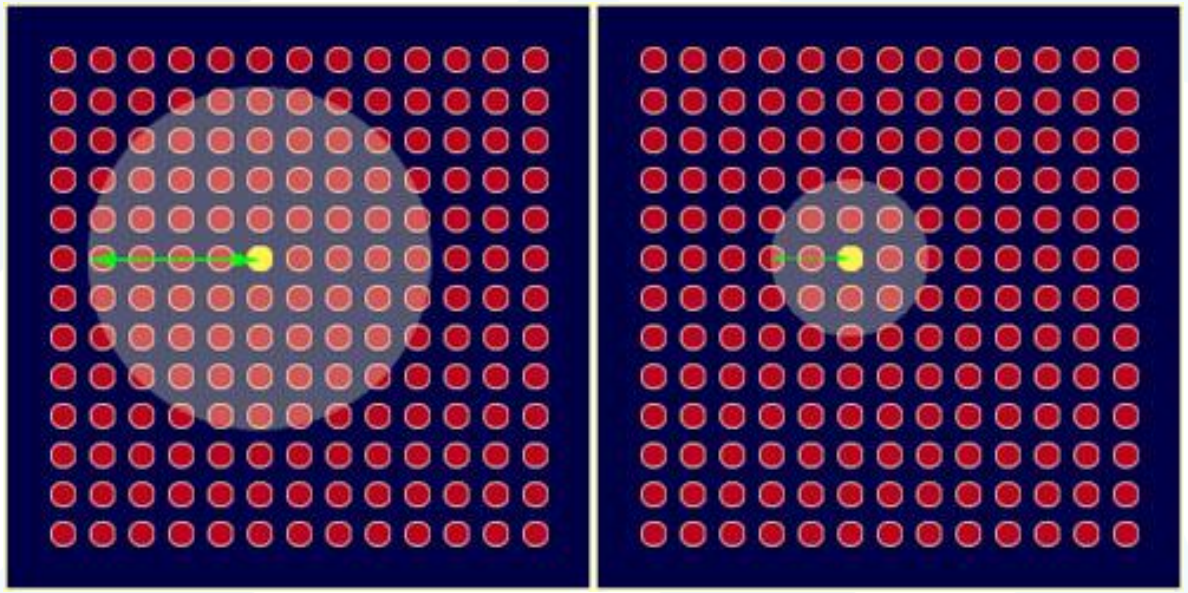
$$\Theta(t) = \exp\left(-\frac{dist^2}{2\sigma^2(t)}\right) \qquad t = 1, 2, 3\ldots$$



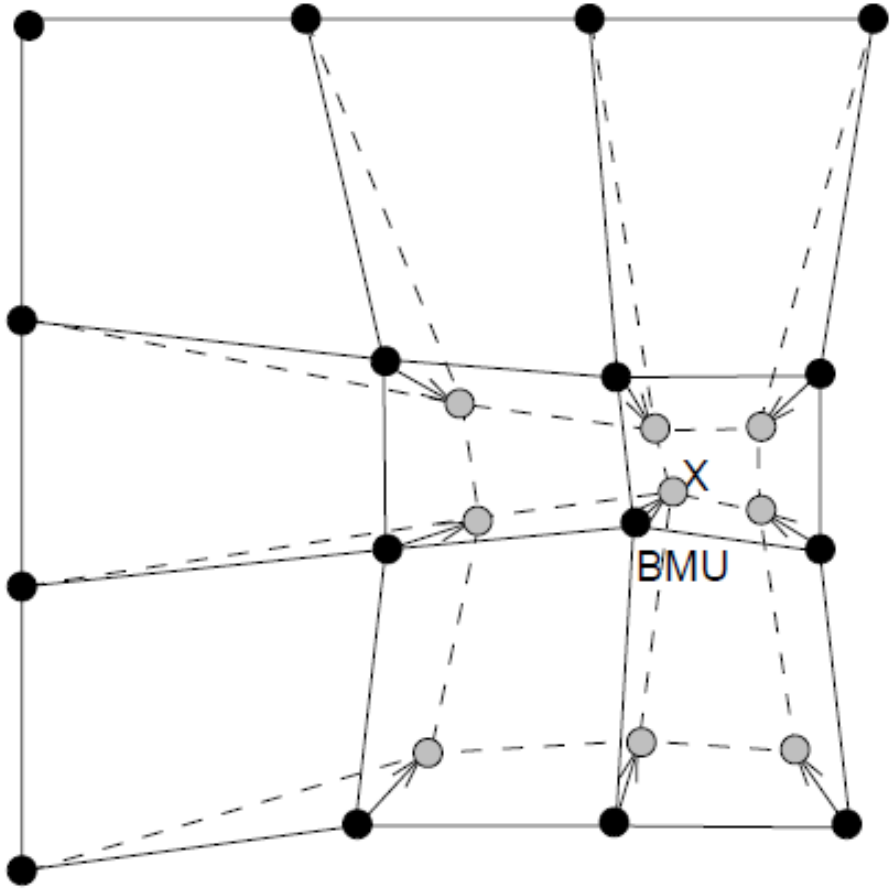
- تتناقص منطقة الجوارمع الزمن مع تقدم عملية التدريب.
- كذلك يتناقص معدل التعلم مع تقدم عملية التدريب

$$\sigma(t) = \sigma_0 \exp\left(-\frac{t}{\lambda}\right) \qquad t = 1, 2, 3\ldots$$





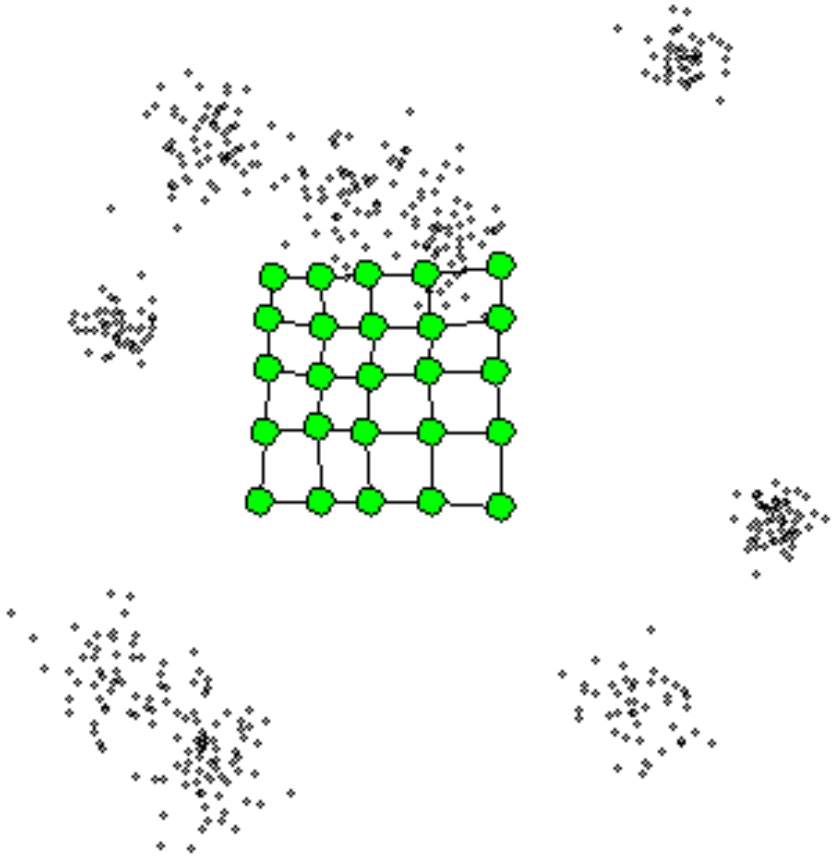
تحديث أفضل وحدة مطابقة (BMU) وجيرانها باتجاه عينة الدخل التي يرمز لها x



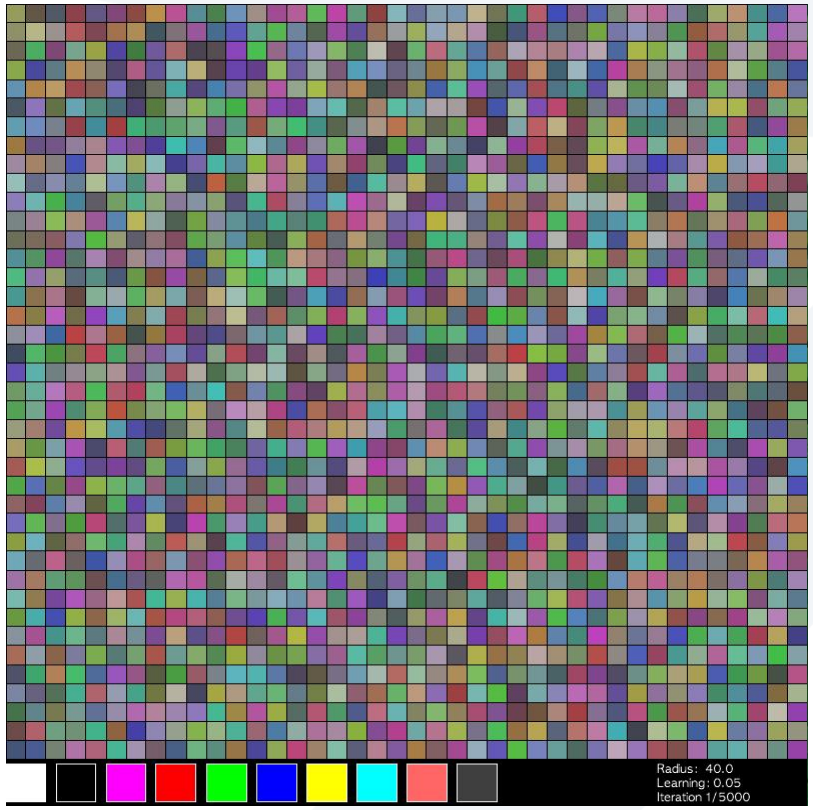
الخطوط المستمرة والمتقطعة تقابل الحالة
قبل وبعد تعديل الأوزان، على التوالي.

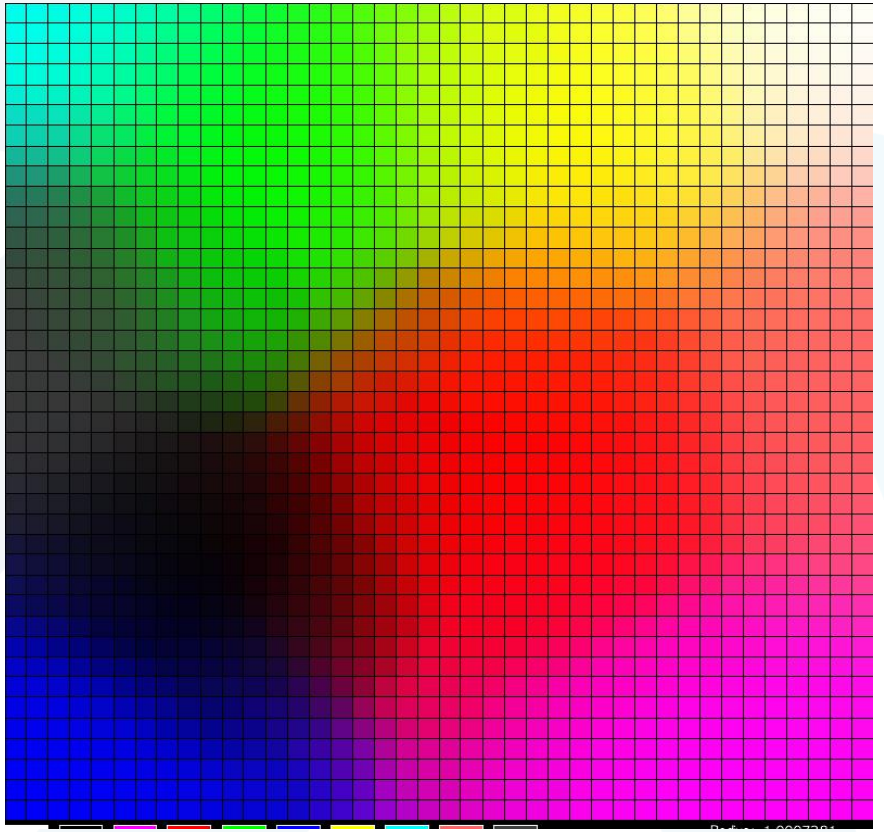
يوضح المثال التالي مبدأ عمل SOM

(النقاط السوداء = البيانات، النقاط الخضراء = العصبونات):

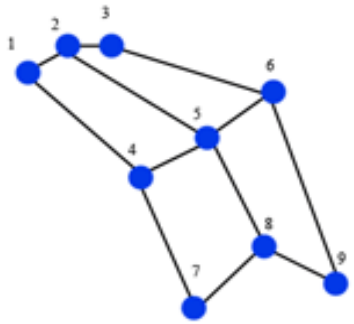


مثال : تصنيف الألوان



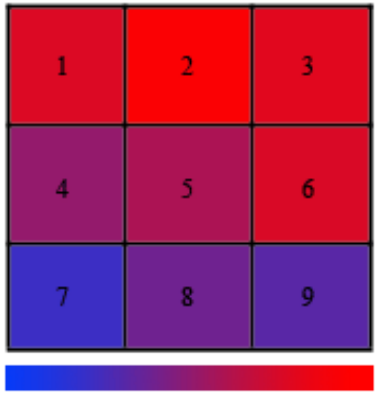


إظهار البيانات عن طريق SOM



1	2	3
4	5	6
7	8	9

X



Y

- مثال1 : SOM 3×3

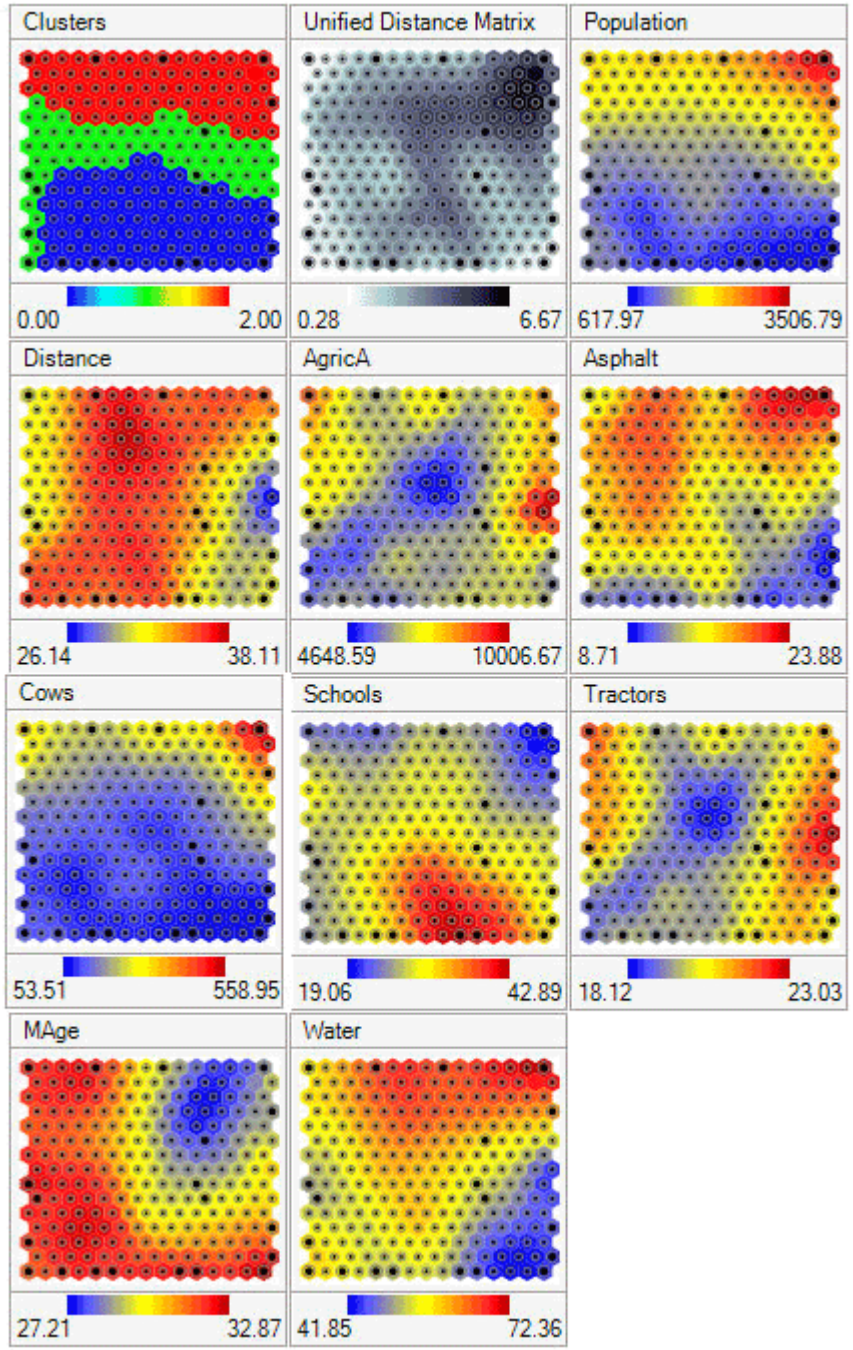
Unit 1: Low X value, High Y value

Unit 9: High X value, Low Y value

مثال على تطبيق SOM:

- لدينا بيانات تحتوي عددا من المتغيرات المقاسة في قرى مختلفة. حيث تمثل كل عينة قرية

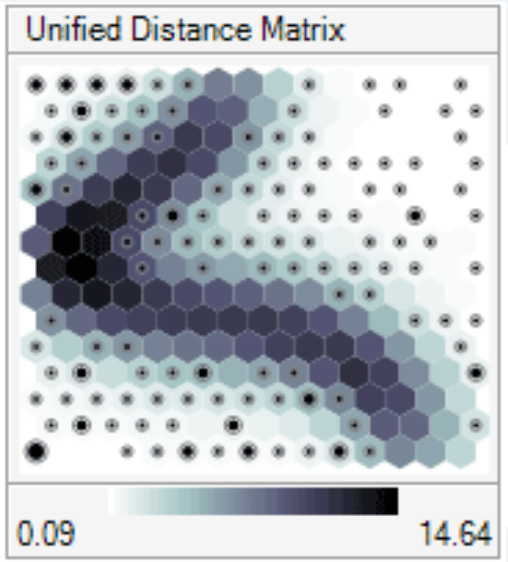
Population - عدد السكان الذين يعيشون في القرية
Distance - المسافة إلى أقرب مدينة (كم)
AgricA -منطقة زراعية (هكتار)
Asphalt - الطرق الإسفلتية (كم)
Cows - عدد الأبقار في القرية
Schools - عدد المدارس
Tractors - عدد الجرارات
MAge - متوسط العمر (بالسنوات)
Water - نوعية المياه (0-100٪)

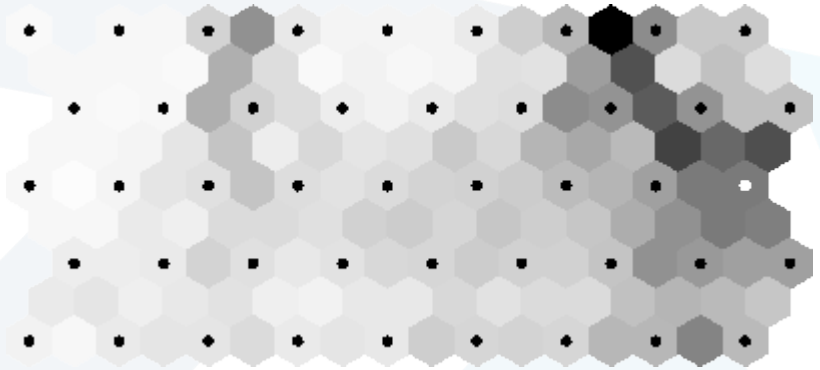


جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

U-Matrix

Unified Distance Matrix



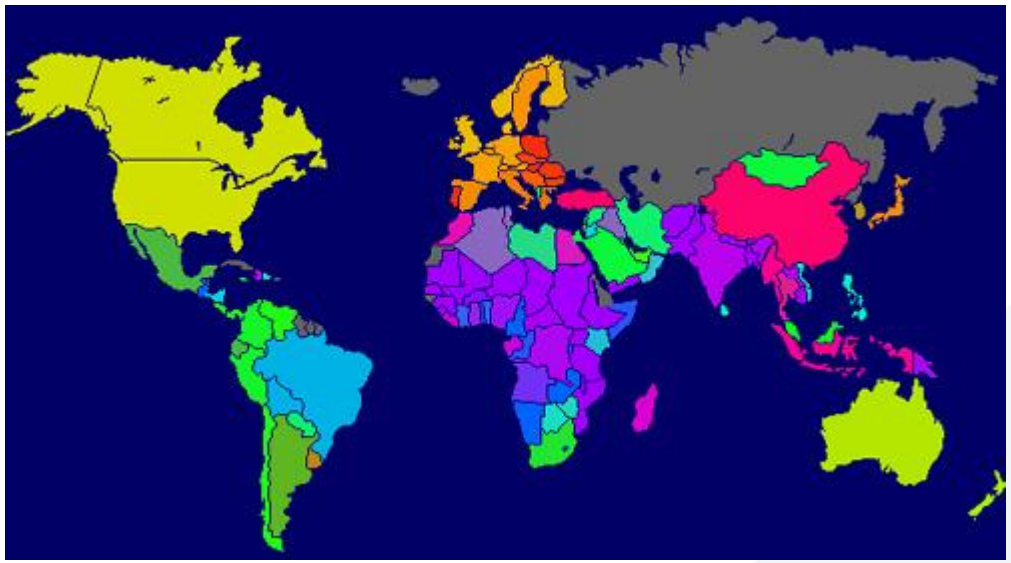


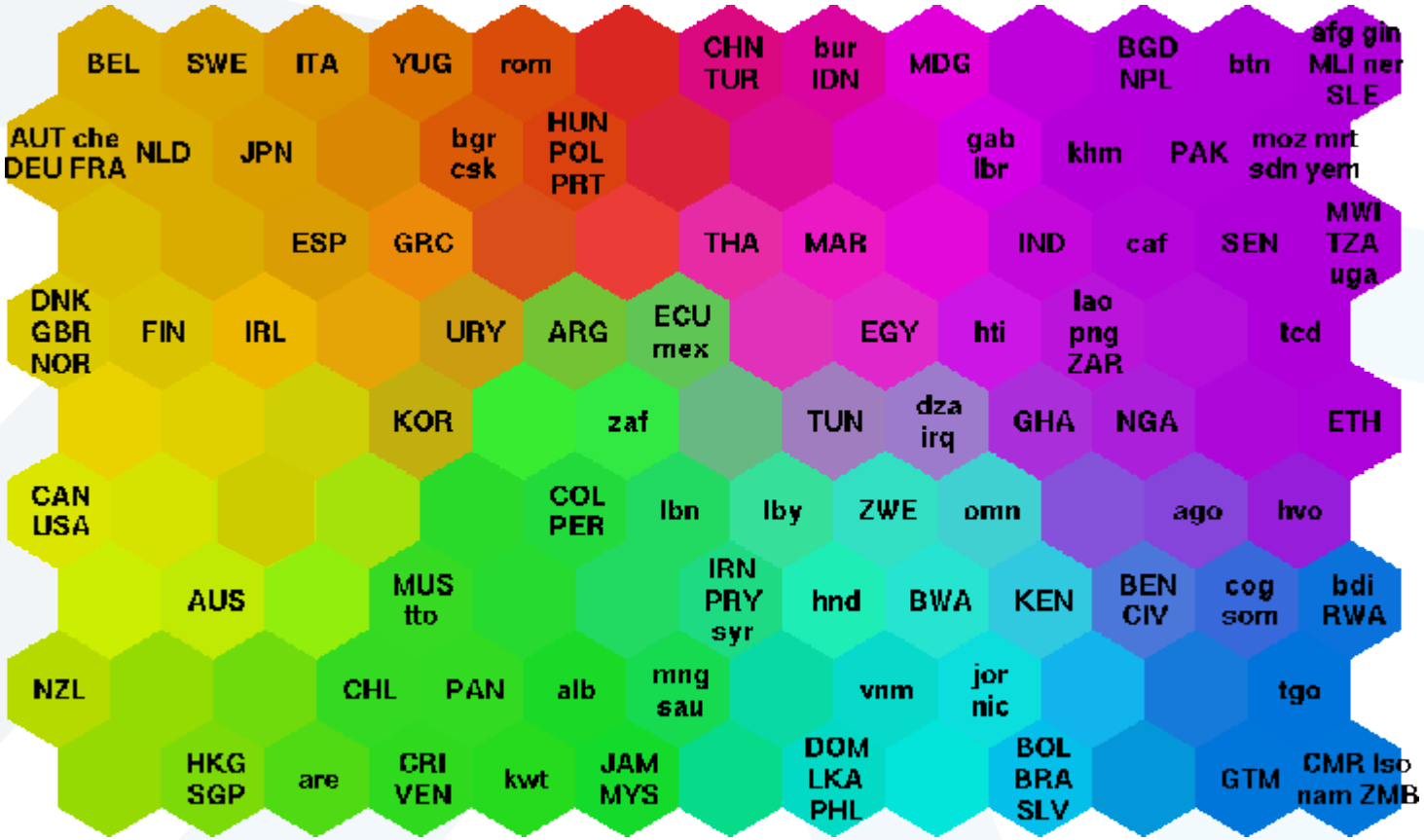
المناطق المظلمة تعني أن المسافة بين العقد كبيرة

المناطق الفاتحة تعني أن العقد قريبة من بعضها البعض.

مثال :خريطة الفقر العالمية

تكونت هذه البيانات من إحصاءات البنك الدولي حول البلدان في عام 1992. واعتمدت على 39 مؤشراً تصف مختلف العوامل المتعلقة بنوعية الحياة، مثل الحالة الصحية، والتغذية، والخدمات التعليمية، وغيرها.




BEL
SWE
ITA
YUG
rom
CHN
TUR
bur
IDN
MDG
BGD
NPL
btn
afg gin
MLI ner
SLE
AUT che
DEU FRA
NLD
JPN
bgr
csk
HUN
POL
PRT
gab
lbr
khm
PAK
moz mrt
sdn yem
ESP
GRC
THA
MAR
IND
caf
SEN
MWI
TZA
uga
DNK
GBR
NOR
FIN
IRL
URY
ARG
ECU
mex
EGY
hti
lao
png
ZAR
tcd
KOR
zaf
TUN
dza
irq
GHA
NGA
ETH
CAN
USA
COL
PER
lbn
lby
ZWE
omn
ago
hvo
AUS
MUS
tto
IRN
PRY
syr
hnd
BWA
KEN
BEN
CIV
cog
som
bdi
RWA
NZL
CHL
PAN
alb
mng
sau
vnm
jor
nic
tgo
HKG
SGP
are
CRI
VEN
kwt
JAM
MYS
DOM
LKA
PHL
BOL
BRA
SLV
GTM
CMR lso
nam ZMB

مثال تصنيف صورمناظر طبيعية

مثال تصنيف موديلات سيارات