# نظم المعلومات الجغرافية / المرحلة الثالثة

## المحاضرة السادسة

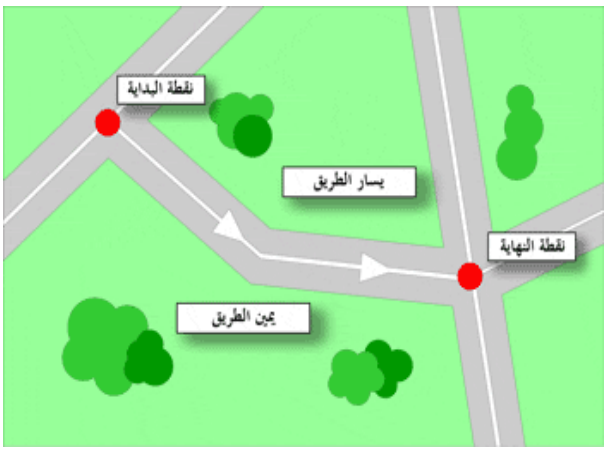
## التمثيل الرقمي للبيانات في (GIS)

يُعرّف نظام المعلومات الجغرافية (Geographic Information System: GIS) بأنه نظام حاسوبي لجمع وإدارة ومعالجة وتحليل البيانات ذات الطبيعة المكانية. ويُقصد بكلمة مكانية (spatial) أن تصف هذه البيانات معالم (features) جغرافية على سطح الأرض، سواء أ كانت هذه المعالم طبيعية كالغابات والأنهار أم اصطناعية كالمباني والطرق والجسور والسدود. يستخدم مصطلح معالم للإشارة أيضاً إلى الظواهر الطبيعية والبيئية مثل المد والجزر والتلوث وغيرها.

لكن هذا التعريف لا يعني أن نقيد استخدام نظام المعلومات الجغرافية بالمساحات الكبيرة، لأنه يمكن أن يستخدم في دراسة حيّ تكون المعالم الجغرافية فيه مؤلفة من عدد صغير من المنازل وشبكة الهاتف والكهرباء والمياه، أو في شركة واحدة تكون شبكة الحواسيب أحد المعالم فيها.

- تخزّن بيانات نظام المعلومات الجغرافية في أكثر من طبقة (layer) واحدة، وذلك للتغلب على المشاكل التقنية الناجمة عن معالجة كميات كبيرة من المعلومات دفعة واحدة. وتستخدم بعض البرامج مصطلح theme أي موضوع بدلاً من طبقة، وهي عبارة عن مجموعة من المعطيات المكانية التي تشترك في جملة إحداثيات والتي لها مرجعية مكانية واحدة .. وقياساً على ذلك يتألف مشروع نموذجي مثلاً لنظام المعلومات الجغرافية لقرية من عدة طبقات، تشمل أولها طبقة حدود ملكية الأراضي الزراعية، وتُمثل هذه الطبقة بمجموعة من المضلعات المغلقة، لأن المضلعات هي الشكل الهندسي الأنسب لتمثيلها، بينما تخصّص الطبقة الثانية لبيوت القرية، والثالثة للمراكز الحكومية كالمدارس والمستشفيات وتُمثل هاتان الطبقتان بمجموعة من المضلعات أيضاً. وتتضمن الطبقة الرابعة الآبار، وتُمثل بمجموعة من النقاط. في حين تضم الطبقة الأخيرة الطرق المارة في تلك القرية وتُمثل بمجموعة من الخطوط.

تشكل الخارطة النموذج المكاني المعمم لوصف بعض مظاهر الواقع الحقيقي على الطبيعة ، وتكون عناصرها قاعدة من المعطيات المكانية الهندسية التي تسمح بالتعريف المكاني للتفاصيل ، كما أنها تسمح بحساب العلاقات الهندسية بين العناصر كالمسافات والزوايا والمساحات والحجوم . ويمكن نقل هذه المعطيات المكانية عددياً إلى GIS لتشكل بذلك القاعدة الخرائطية التي تعرف المكونات المكانية وتفاصيل المنطقة في هذه الأنظمة ، وتعرف هذه المعطيات أو الروابط بالعلاقات الطوبولوجية والتي تتمثل بـ روابط القرب والتجاور والاحتواء والتقاطع والتي تربط مختلف العناصر الموزعة على

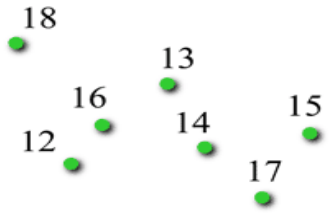


الخارطة .لذا يجب إدخال هذه الروابط الطوبولوجية في قاعدة المعطيات المكانية للحصول على الخارطة العددية الطوبولوجية والتي تسمح بدورها بالمحافظة على الالتحام أو التماسك للقاعدة المكانية المعلوماتية ، أنظر الشكل اللاحق .

**البيانات المكانية والوصفية :** يتطلب فهم نظام المعلومات الجغرافية واستخدامه معرفة البيانات المكانية والبيانات الوصفية التي تؤلف قوام هذا النظام. تتضمن البيانات المكانية (Spatial Data) معلومات عن موقع وشكل المعالم الجغرافية وتخزن عادة في إحداثيات، كما يمكن أن تتضمن معلومات أخرى عن علاقات تلك المعالم بعضها ببعض، مثل علاقتي الجوار والاتصال ( العلاقات الطوبولوجية ). بينما تتضمن البيانات الوصفية وهي السمات أو الأوصاف (attributes) الخصائص المرتبطة بتلك المعالم، وتخزن في جداول منفصلة عادة. وهكذا تتألف البيانات المكانية للآبار في مثال القرية السابق من إحداثيات ( Y , X ) تمثلان موقع البئر، وتتألف البيانات الوصفية أو السمات من اسم المالك، ورقم الترخيص، وعمق البئر. ويتميز نظام المعلومات الجغرافية بقدرته على ضم البيانات المكانية والسمات معاً.

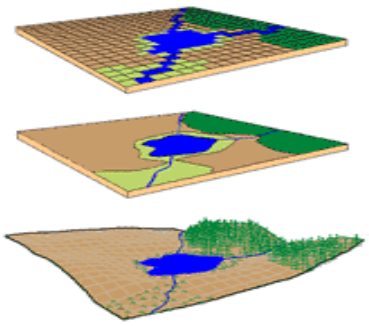
| الرقم | النوع | العمر (سنة) | الارتفاع (م) |
|---|---|---|---|
| ١٢ | أرز | ١١٠ | ٦٧ |
| ١٣ | صنوبر | ١٣٥ | ٨٠ |
| ١٤ | أرز | ١٢٠ | ٧٢ |
| ١٥ | أرز | ١٢٠ | ٧٠ |
| ١٦ | تنّوب | ٨٠ | ٦٥ |
| ١٧ | تنّوب | ٧٥ | ٦٠ |
| ١٨ | صنوبر | ١٢٥ | ٧٣ |

| الرقم | X | Y |
|---|---|---|
| ١٢ | ٣٤٧ | ١٩٤ |
| ١٣ | ٥٦٧ | ٣٣٤ |
| ١٤ | ٥١٦ | ٢٢٦ |
| ١٥ | ٦٥٧ | ٢٥٥ |
| ١٦ | ٤٣٠ | ٢٥٧ |
| ١٧ | ٦٠٦ | ١٥٣ |
| ١٨ | ٣١٩ | ٣٧٣ |




الشكل يمثل البيانات المكانية لطبقة الأشجار المعمرة في محمية طبيعية من جدول يتضمن رقماً فريداً وإحداثي X وإحداثي Y. أما السمات أو البيانات الوصفية فتتألف من جدول آخر يتضمن الرقم الفريد ذاته ونوع الشجرة وعمرها وارتفاعها (انظر الجدولين التاليين).

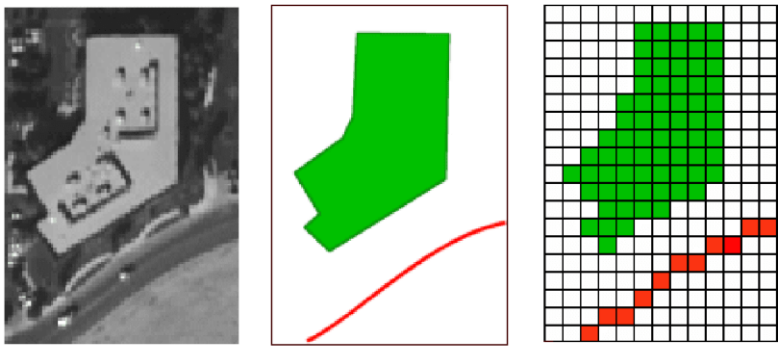
**البيانات المكانية :** تمثَّل البياناتُ المكانية في نظام المعلومات الجغرافية عادة في هيئتين، أولاهما البيانات المتّجهة (vector data) أو البيانات الخطية وهي أشكال معرّفة هندسياً، وتتألف من النقاط والخطوط والمضلعات، وثانيتهما البيانات الخليوية أو النقطية (raster data)، وهي الصور الجوية وصور الأقمار الاصطناعية ، .....الخ ويطلق عليها أيضاً أو بيانات الشبكة النقطية لأنها مؤلفة من شبكة من الخلايا. ويمتلك كل نموذج من هذين النموذجين نقاط قوة ونقاط ضعف، ولذلك يجب اختيار أحد هذين النموذجين حسب طبيعة المشروع والبيانات المتوفرة، مع العلم بأن الصور كثيراً ما تستخدم كخلفية للبيانات المتجهة، ولا تكون في هذه الحالة جزءاً مهماً من بيانات مشروع نظام المعلومات الجغرافية.



الشكل: يمكن تمثيل المنطقة (في الأسفل) ببيانات متجهة (vector) في أربع طبقات (في الوسط)، أو ببيانات متسامتة (raster) من ٤٠٠ خلية في أربعة ألوان (في الأعلى).

## ١ ـنموذج البيانات الخطية (vector data) :

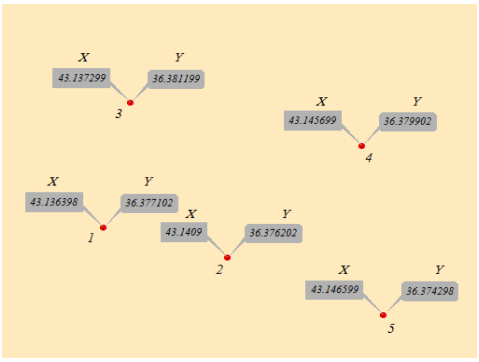
البيانات الخطية عكس البيانات النقطية لا تتكون من شبكة من الخلايا ولكنها تتكون من نقط إحداثيات تعرف بـ Vertices ومفردها Vertex .



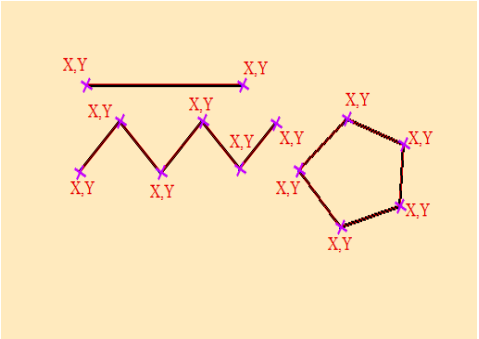

الظاهرة هي أي شيء يمكنك رؤيته في الطبيعة، فلو تخيلت أنك واقف على قمة مرتفعة وتنظر للأسفل فسوف ترى مباني، أشجار، طرق أنهار الخ...

يتكون النموذج الخطي من جزأين : وهما التركيب الهندسي ، والتركيب البنائي أو الطوبولوجي topology والطوبولوجيا هي علم ورياضيات العلاقات الهندسية بين الأهداف ، والعلاقات الطوبولوجيا ليست علاقات رقمية اوكميات يمكن قياسها وهي لا تتغير مع تغير الحيز المكاني للأهداف ، فعلى سبيل المثال عندما تتمدد الخريطة الورقية فان الزوايا والمسافات ستتغير ، لكن العلاقات الطوبولوجيا مثل التجاور ستبقى ثابتة . ان فحص البناء الطوبولوجي لقواعد البيانات يعد طريقة لتحقيقها وتقدير درجة جودتها قبل استخدامها في التحليل ومن الأمثلة الاختبارات الطوبولوجية : التقاطع intersection ، التراكب overlay ، و duplicate ، وغيرها من الاختبارات .

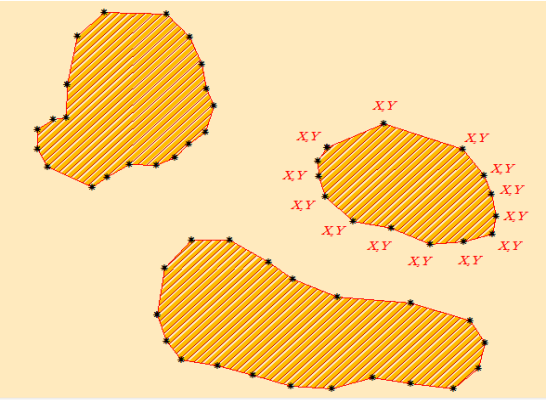
ويعتبر النموذج الخطي من أكثر نماذج التمثيل الرقمي للبيانات المكانية شيوعاً نظراً لبساطته وكفاءته وإمكانية توظيفه في مختلف مجالات نظم المعلومات الجغرافية . يعتمد هذا النموذج على أساس الهندسة التحليلية البسيطة ، وطبقاً لهذا النموذج يتم تمثيل البيانات المكانية عن طريق تقسيمها إلى قسمين ، قسم رسومي وقسم وصفي ، في القسم ألرسومي يمكن تمثيل أي ظاهرة طبيعية بواحدة من ثلاثة فئات من الرسوم ويتأثر نمط توقيع البيانات المكانية الرسومية حسب مقياس الرسم والدقة المطلوبة ، وتتمثل هذه البيانات بالأنماط التالية :




أ: النقاط Points: ويمكن تعريفها بأنها مكونات عديمة البعد أو مكونات في فضاء بعده الصفر ، وهي تحدد هندسياً عن طريق تمثيلها بزوج من الإحداثيات (X,Y) ويمكن تمثيل ظواهر متعددة على الطبيعة من خلال البيانات النقطية كالأشجار المنعزلة والآبار والوحدات السكنية (في المقاييس الكبيرة ) .....الخ




ب – الخطوط lines / arcs : ويمكن تعريفها بأنها بيانات أو مكونات ذات بعد واحد ، ونسمي الخط الواصل بين نقطتين متتاليتين أو ماتعرف بالعقد (Vertices or nodes) بقطعة مستقيمة ، والخط هو عبارة عن مجموعة من القطع المستقيمة المتصلة مع بعضها ، حيث ان كل قطعة مستقيمة من خط محددة بنقطتين ، وان تتابع إحداثيات نقاط وسيطة بين نقطتين هي التي تمثل الخط بالحاسوب . ان دقة تمثيل العناصر المكانية الخطية في منطقة تعتمد على كثافة النقاط الوسيطة للخط فيمثل الخط المنحني بشكل دقيق بزيادة عدد نقاطه الوسيطة ، وتستخدم الخطوط عادةً في تمثيل طرق النقل ، خطوط سكك الحديد ، الحدود ، شبكات نقل المياه والمجار ، المسيلات المائية ، الانهار ، ويتأثر نمط توقيعها بحسب مقياس الرسم .



**ج – المضلعات Areas / Polygons :** وهي البيانات التي يمكن تعريفها بأنها عناصر أو مكونات في فضاء ذي بعدين والذي له استمرارية بالنسبة لصفة ما ، وتمثل بالقطع المستقيمة التي تغلف خارجياً هذا العنصر ، فهي معرفة بمحيطها الخارجي الذي يشكل مضلعاً مغلقاً يحوي العنصر المساحي ، وتستخدم هذه البيانات في تمثيل معالم متنوعة وبحسب مقياس رسم الخارطة وطبيعة أو هيئة المعالم المراد تمثيلها ، ومن الأمثلة عليها المقاطعات ، القطاعات السكنية ، المعالم المساحية بكافة أشكالها ....الخ

**خصائص النموذج الخطي ( vector data properties ) :** لهذا النموذج مجموعة من الخصائص يمكن تحديها بجملة من النقاط أبرزها :

١- تكمن الفائدة الرئيسية في هيئة البيانات المتجهة في قدرتها على تمثيل المعالم الجغرافية تمثيلاً دقيقاً، وهذا يرجع إلى توافق نوعية البيانات في هذا النموذج مع طبيعة ونوعية البيانات المكانية ، المراد تمثيلها وهذا يجعلها مفيدةً في مهام التحليل المكاني التي تتطلب تحديد المواقع بدقة، كما في التطبيقات الهندسية والمساحية.

٢- صغر حيز التخزين داخل الحاسوب ويرجع ذلك لطبيعة امتداد الملفات التي يتم خزنها بهذه الطريقة ، فضلاً عن اختصار هذا النموذج على تخزين المناطق التي تشغلها الظاهر المراد تمثيلها فقط ، دون تسجيل المناطق الأخرى كما هو الحال في النظام المساحي الخليوي ، وهذا ما يجعل سرعة تنفيذ عمليات المعالجة على هذه البيانات تكون سريعة .

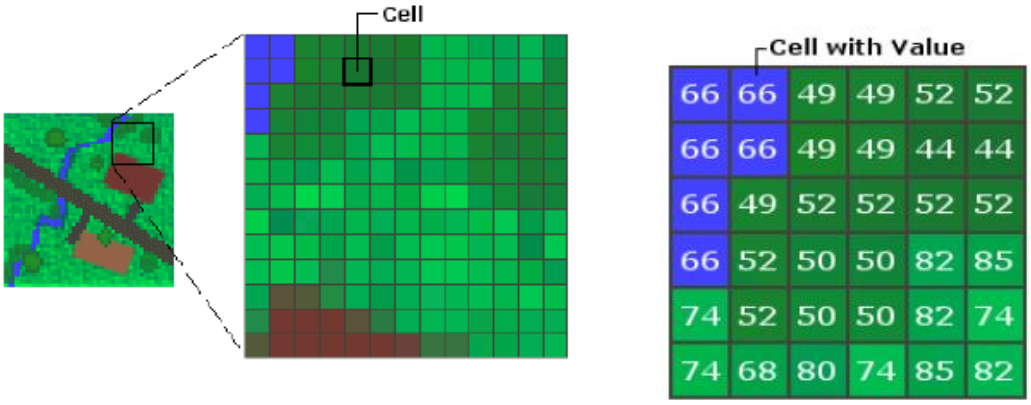
٣- أهم مايميز النظام الخطي هو ربط المعلومات المكانية في هذا النموذج مع المعلومات الوصفية الخاصة بالمعالم المراد تمثيلها على شكل جداول مع توفر أمكانية تعديل وإضافة عدد من الحقول لتمثيل الظواهر المختلفة وهو مايطلق عليها تعددية الإبعاد المعلوماتية ( Information Multi Dimensions) مما يوفر سهولة المعالجة والتحليل .

٤- أن هذا النوع من البيانات يسمح بتعريف العلاقات المكانية بين المعالم، مثل علاقة الجوار بين عقارين وعلاقة اتصال شارع بآخر، أي إمكانية الانتقال من هذا الشارع إلى ذاك. ويعرف ذلك باسم الطوبولوجيا (topology)، وهي مهمة جداً في تحليل الشبكة مثل إيجاد أفضل الطرق بين موقعين في شبكة طرق معقدة.

٥- صعوبة استخدام هذا النموذج في تمثيل الظواهر ذات التوزيع المتدرج والظواهر ذات التغير المستمر ( التغيرات البيئية ، والمناخية ) .

٦- يتطلب العمل في النموذج الخطي جهود بشرية كبيرة وكلف مادية عالية .

**٢- نموج الشبكة النقطية أو البيانات الخليوية Raster Data :** وهي الطريقة التي تعتمد على تمثيل البيانات على شاشة الحاسوب ، أو أي وسائط تخزين أخرى ، على شكل خلايا ، أي أنها تعتمد طريقة الخلايا في رسم الخرائط والإشكال ، وفي هذا النموذج يتم تقسيم الفراغ إلى شبكة من الأعمدة والصفوف ، بحيث تقاطع كل عمود مع صف في مساحة مربعة يطلق عليها أسم عنصر الصورة أو البكسل Pixel . ويشكل توزيع البكسلات توزيع الظواهر الطبيعية فوق سطح الأرض كما في الشكل التالي ، بينما يتم اختزان البيانات الوصفية على صورة قيمة رقمية مختزنة في البكسل نفسه يطلق عليها اسم قيمة البكسل Pixel Value . ويتم اختزان البيانات المكانية في نموذج الشبكة النقطية عن طريق سلسلة من سطور كل سطر يحتوي ثلاثة أرقام هي الاحداثي الأفقي والاحداثي الراسي وأخيرا قيمة البكسل ، وتكون قيمة الاحداثي منسوبة على موقع البكسل في شبكة البكسلات وكما موضحة في الشكل التالي :




وتعتمد دقة هذا النوع من البيانات على حجم الخلية، وهو مساحة المنطقة من سطح الأرض الذي تمثله تلك الخلية، وكلما مثلت الخلية مساحة أصغر، كلما كان وضوح البيانات المتسامتة عالياً. ولكن كلما زاد وضوح الصور كلما ازداد حجم الملف، وهذه إحدى المشاكل والقيود التي تحد من استخدام البيانات المتسامتة.

وبشكل مبسط فإن البيانات النقطية هي عبارة عن شبكة من الخلايا يطلق عليها (Cells أو Pixels ) منظمة في صفوف وأعمدة متقاطعة مكونة شكل الشبكة كل خلية من هذه الخلايا لها قيمة محددة تمثل بيانات هذه الخلية مثل منسوب سطح الأرض او درجة الحرارة ، ومن أمثلة بيانات هذا النمط الصور الجوية والمرئيات الفضائية والخرائط المدخلة للحاسب الآلي بالمسح الضوئي. البيانات المخزنة في صورة بيانات نقطية Raster هي تمثل ظاهرات سطح الأرض الحقيقية ومنها

١. البيانات الموضوعية Thematic data مثل خرائط التربة واستخدام الأرض.

٢-البيانات المتصلة Continuous data مثل الحرارة وارتفاعات سطح الأرض والبيانات الطيفية مثل صور الأقمار الإصطناعية.

**ويندرج استعمال البيانات النقطية ضمن ثلاث فئات رئيسية :**

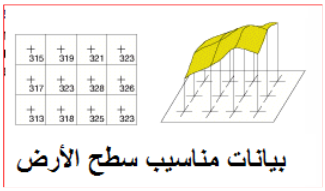
١. البيانات النقطية كخرائط أساس Base Maps : تستخدم كخرائط أساس وهو الإستخدام الأكثر شيوعا لها حيث تستعمل كخلفية تعرض عليها البيانات الخطية والظاهرات المرسومة عليها مثل إجراء رفع مساحي لعدد من المباني وعرض هذه البيانات على صورة من برنامج جوجل ايرت كخلفية لها أو رسم خريطة للشوارع بشكل خطي وعرضها على صورة من جوجل ايرت كذلك للإيضاح بشكل أكثر.

٢ البيانات النقطية كخرائط سطح Surface maps فهي تمثل البيانات التي تتغير بشكل متصل عبر المواقع المختلفة مثل خرائط مناسيب السطح أو درجات الحرارة هذه البيانات تدعى بالبيانات المتصلة لأنها تتغير تدريجيا ولا

تنقطع فمثلا اذا كنت في مكان ما على الأرض بمنسوب ١٠ متر فلكي تصل لمكان أخر منسوبه ٢٠ متر لابد أن تمر وتصعد على المناسيب البينية بين النقطتين فالبيانات هنا متصلة وغير منقطعه.

٣- البيانات النقطية كخرائط موضوعية هذه يمكن الحصول عليها عن طريق تحليل البيانات السابقة كالحصول على مرئية فضائية متعددة الطيف وتقسيمها إلى فئات تمثل أنماط الغطاء الأرضي في موقع معين مثلا مياه . يابس ، نبات ، مباني وهكذا).

ولهذا النموذج (Raster Data) ثلاثة خصائص مهمة يجب التعرف عليه عند التعامل مع هذا النوع من البيانات وهي :

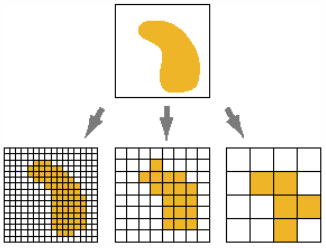


بيانات مناسيب سطح الأرض

١- قيمة الخلية تتمثل في مركز الخلية وليس الأطراف .

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 74 | 62 | 45 | 45 | 34 | 39 | 56 |
| 80 | 74 | 74 | 62 | 45 | 34 | 39 | 56 |
| 74 | 74 | 62 | 62 | 45 | 34 | 39 | 39 |
| 62 | 62 | 45 | 45 | 34 | 34 | 34 | 39 |
| 45 | 45 | 45 | 34 | 34 | 30 | 34 | 39 |

٢- لكل خلية درجة لونية تختلف باختلاف قيمة الخلية والتي يتم تطبيقها على كامل مساحة الخلية وليس جزء دون جزء وتظهر الخلايا ذات القيم المتشابهة بدرجة لونية واحدة.


صغر مساحة الخلية يزيد دقة الصورة

٣- كلما صغرت مساحة الخلية زاد عدد الخلايا في الصورة وبالتالي زادت دقتها المساحية وتكون أكثر وضوحاً وتظهر الظاهرات بها أقل تشوشاً.

مثال بسيط صورة من كاميرا موبايل 5 ميجا بكسل أقل وضوحاً من صورة كاميرا موبايل 16 ميجا بيكسل. البيانات النقطية قد تكون في شكل صورة وحيدة الطيف Single band تسمى أيضا نطاق طيفي مفرد وهي بذلك تكون في شكل صورة أبيض وأسود أو قد تكون في شكل صورة متعددة الطيف Multispectral band وهي بذلك تعطي صورة ملونة.

خصائص نموج الشبكة النقطية : لهذا النموذج مجموعة من الخصائص الايجابية والسلبية يمكن تحديدها بجملة من النقاط :

١-يستخدم هذا النموذج في التطبيقات الخاصة بالأشياء الدائمة التغير في الشكل مثل الخصائص البيئية والمناخ وأنواع الزراعات ، والظواهر ذات التوزيع المتدرج ، مثل خارطة نوع التربة في الأراضي الزراعية، بينما تكون حدود التربة منفصلة عند تمثيلها في هيئة بيانات متجهة، لأن حدود المضلعات تكون واضحة وحادة.

٢- يتوافق نموذج بيانات الشبكة النقطية مع بيانات الاستشعار عن بعد ، لان صيغ بيانات الاستشعار عن بعد هي تعتمد على الصيغ الخليوية مما يسهل عملية المعالجة والتحليل والتصنيف على هذه البيانات .

٣- يتطلب هذا النموذج من البيانات قدرة خزنية ومعالجة عالية ، وذلك لطبيعة وبنية هذه البيانات المتكون من صفوف الخلايا .

٤- صعوبة تمثيل المعالم المكانية تمثيلاً دقيقاً في هذا النموذج ، لعدم توافقها مع طبيعة توقيع البيانات المكانية ، مما يؤدي إلى صعوبة إجراء عمليات التحليل المكاني والتي تتطلب تحديد المواقع بدقة .