

Arrangement et voisinage



Buts de la leçon

- Expliquer les notions d'arrangement et de voisinage
- Décrire les indicateurs de forme et d'arrangement

Après cette leçon vous serez capables de

- Choisir un indice d'arrangement ou de voisinage adapté
- Calculer la valeur des indices présentés

Introduction aux systèmes d'information géographique

Bonjour et bienvenue dans cette leçon qui porte sur l'arrangement spatial et le voisinage spatial des variables discrètes présentés dans la leçon précédente. Arrangement et voisinage sont des notions qui permettent de décrire les propriétés remarquables d'un ensemble d'objets au moyen d'indicateurs alors que jusqu'ici, nous avons caractérisé les unités spatiales prises individuellement. Au moyen de l'arrangement et du voisinage, on peut donc analyser les relations spatiales entre plusieurs groupes d'objets spatiaux. L'analyse de ces relations est nécessaire par exemple lors de la recherche de l'emplacement optimal d'un hôpital, opération au cours de laquelle on va chercher à déterminer la zone d'influence de l'établissement ainsi que son accessibilité. Les buts de cette leçon sont de présenter les notions d'arrangement spatial et de voisinage spatial et de décrire différents indicateurs de groupes d'objets spatiaux. Et ceci de manière à ce qu'à la fin de cette leçon, vous soyez en mesure de sélectionner parmi eux l'indice d'arrangement ou de voisinage spatial le plus adapté à vos besoins et bien sûr aussi de calculer la valeur de cet indice.

Notes

Summary



0m 31s

Arrangement et voisinage

Décrire un ensemble d'objets avec un indicateur unique

- Arrangement : organisation relative des objets les uns par rapport aux autres

Introduction aux systèmes d'information géographique

L'arrangement spatial est l'organisation relative des objets dans l'espace géographique.

Notes

Summary



1m 48s

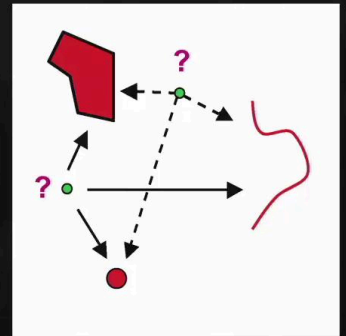
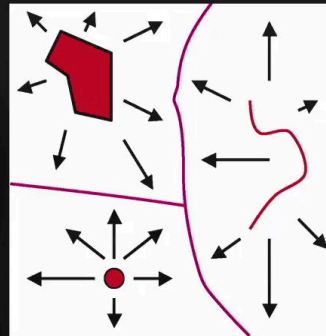
Arrangement et voisinage

Décrire un ensemble d'objets avec un indicateur unique

- Arrangement : organisation relative des objets les uns par rapport aux autres
- Voisinage : distance minimale à un objet ou des objets (notion topologique, plus restrictive)

L'arrangement et le voisinage sont définis par 3 critères:

- La position
- La dispersion
- La proximité



Indices	Espace plan, dimension géométrique
Position	E.g. centre moyen, centre médian
Dispersion	E.g. écart-type, étendue interquartile
Proximité	E.g. distance plane

Introduction aux systèmes d'information géographique

Dans ce cas, on met l'accent sur les champs d'influence des objets. Le voisinage doit être compris dans un sens géométrique et topologique, soit l'ensemble des relations perçues qui nous permettent de situer des objets les uns par rapport aux autres. Le voisinage est donc une notion spatiale qui permet de répondre à la question de savoir qui est à côté de qui. Avec le voisinage, on va travailler avec la notion d'éloignement des objets les uns par rapport aux autres. Le point central des notions d'arrangement et de voisinage réside dans la nature de l'espace géographique par rapport à un phénomène considéré. Une distance par exemple dépend du moyen de déplacement utilisé et des caractéristiques du trajet si on prend en compte la pente ou la qualité de la route. Du point de vue de la modélisation de l'espace géographique, dans cette leçon nous ne considérons que la dimension géométrique, ceci sans tenir compte de la dimension thématique. L'espace est donc plan, homogène et isotrope. Dans ce cadre, arrangement et voisinage spatial sont décrits par trois critères: la position, la dispersion et la proximité, que l'on va aborder dans le cas des objets ponctuels, surfaciques et linéaires.

Notes

Summary



1m 53s

Objets ponctuels •

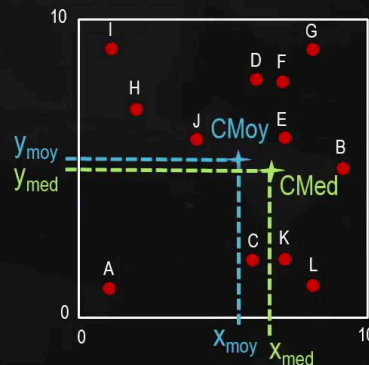
Indices de position

• Centre moyen

- Coordonnées moyennes de tous les points
- Centre de gravité ou barycentre

• Centre médian

- Coordonnées médianes de tous les points
- Plus robuste



$$x_{med} = 6.5$$

$$y_{med} = 6.0$$

$$CMed = (6.5, 6.0)$$

Point	x	y
A	1	1
B	9	5
C	6	2
D	6	8
E	7	6
F	7	8
G	8	9
H	2	7
I	1	9
J	4	6
K	7	2
L	8	1

Introduction aux systèmes d'information géographique

Dans le cas des objets ponctuels, il n'y a pas besoin de traiter séparément les modes objet ou image. Les indicateurs de distribution spatiale qui sont présentés maintenant sont donc décrits en mode objet. Nous utiliserons la distribution des douze objets ponctuels qui sont affichés ici en rouge pour illustrer ces indicateurs. Nous abordons pour commencer les indices de position. Il y en a deux. Le premier est le centre moyen qui est défini par les coordonnées moyennes de X et de Y. Le centre moyen est aussi appelé centre de gravité ou barycentre. Le second est le centre médian. Il est défini par les médianes des coordonnées de X et de Y. Cet indice est plus robuste que le centre moyen car il est moins influencé par des positions dont les coordonnées sont extrêmes.

Notes

Summary



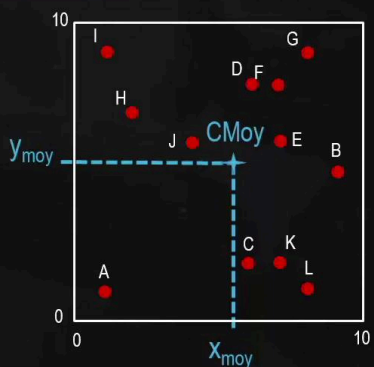
3m 18s

Objets ponctuels •

Indices statistiques de dispersion

- **Ecart-type**

- Ecart-type des coordonnées de tous les points



Point	x	y
A	1	1
B	9	5
C	6	2
D	6	8
E	7	6
F	7	8
G	8	9
H	2	7
I	1	9
J	4	6
K	7	2
L	8	1

Introduction aux systèmes d'information géographique

Passons maintenant aux indices statistiques de dispersion.

Notes

Summary



4m 07s

Objets ponctuels •

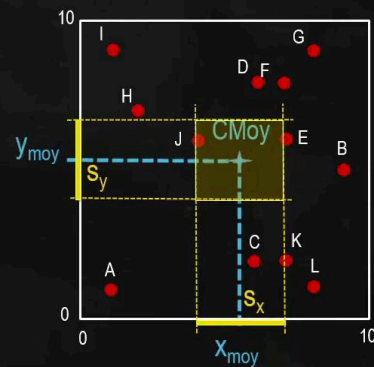
Indices statistiques de dispersion

• Ecart-type

- Ecart-type des coordonnées de tous les points

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$



$$s_x = 2.8$$
$$s_y = 3.1$$

Point	x	y
A	1	1
B	9	5
C	6	2
D	6	8
E	7	6
F	7	8
G	8	9
H	2	7
I	1	9
J	4	6
K	7	2
L	8	1

Introduction aux systèmes d'information géographique

La dispersion est décrite notamment par l'écart-type S des coordonnées de X et de Y. Ces deux intervalles délimitent une zone dont l'interprétation dépend du phénomène étudié.

Notes

Summary

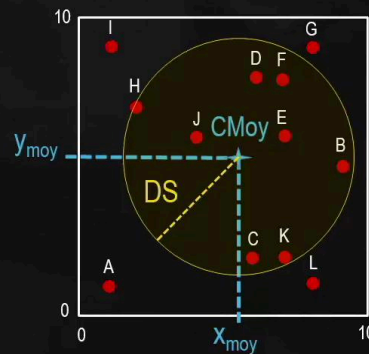


4m 11s

Objets ponctuels •

Indices statistiques de dispersion

- Ecart-type
 - Ecart-type des coordonnées de tous les points
- Distance standard – Distance de Bachi
 - Mesure de dispersion commune en x et y



DS = 3.99

Point	x	y
A	1	1
B	9	5
C	6	2
D	6	8
E	7	6
F	7	8
G	8	9
H	2	7
I	1	9
J	4	6
K	7	2
L	8	1

$$DS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 + \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}}$$

Introduction aux systèmes d'information géographique

La dispersion peut également être décrite par une mesure commune en X et en Y par rapport au centre moyen et que l'on appelle distance standard DS, ou distance de Bachi. Le rayon DS est obtenu en additionnant la somme des écarts à la moyenne des longitudes au carré à la somme des écarts à la moyenne des latitudes au carré, ceci divisé par le nombre de points considérés. L'avantage de cette approche est de proposer un descripteur unique pour les deux axes de coordonnées X et Y.

Notes

Summary

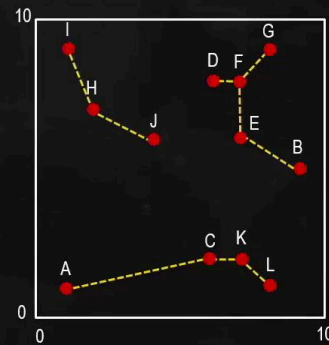
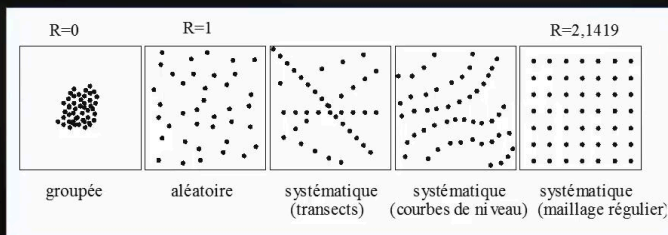


4m 23s

Objets ponctuels •

Indices d'arrangement spatial

- Indice R – Indice du plus proche voisin
 - Compare une distribution observée de points à une distribution théorique aléatoire



$$d = 1.89$$

$$d_{al} = 1.44$$

$$R = 1.31$$

Paire	Distance
AC	5.1
BE	2.2
CK	1.0
DF	1.0
EF	2.0
FD	1.0
GF	1.4
HI	2.2
IH	2.2
JH	2.2
KC	1.0
LK	1.4

Introduction aux systèmes d'information géographique

Les indices d'arrangement spatial d'objets ponctuels sont des outils très importants pour s'assurer de la représentativité géographique d'un échantillonnage. Pour des raisons de coût, on se limite le plus souvent à lever les valeurs en quelques points de l'espace qui sont jugés représentatifs à la place de mesurer un phénomène continu ou discontinu en tout point de l'espace. Ici, dans un premier temps, nous caractérisons la distribution de points d'échantillonnage par un indice du plus proche voisin appelé indice R. Cet indice compare une distribution observée de points à une distribution aléatoire. L'indice R est le rapport entre la distance moyenne au plus proche voisin et la distance moyenne pour une distribution aléatoire. Et ici, D de I est la distance du point I à son plus proche voisin, S est l'aire de la zone d'étude et N est le nombre de points de mesure. Il existe un certain nombre de distributions spatiales types que l'on est susceptible de rencontrer dans le cas où l'aire du domaine échantillonné est connue.

Notes

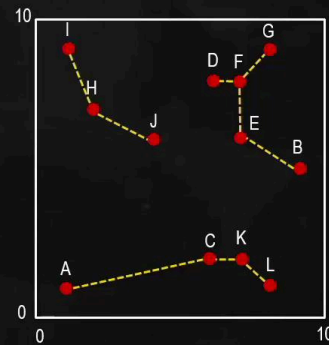
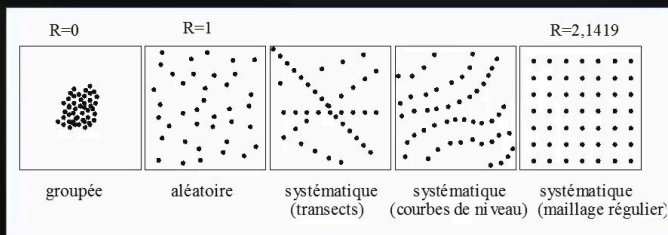
Summary



Objets ponctuels •

Indices d'arrangement spatial

- Indice R – Indice du plus proche voisin
 - Compare une distribution observée de points à une distribution théorique aléatoire



$$d = 1.89$$

$$d_{al} = 1.44$$

$$R = 1.31$$

Paire	Distance
AC	5.1
BE	2.2
CK	1.0
DF	1.0
EF	2.0
FD	1.0
GF	1.4
HI	2.2
IH	2.2
JH	2.2
KC	1.0
LK	1.4

Introduction aux systèmes d'information géographique

Ce sont la distribution groupée pour laquelle R est égal à 0, la distribution aléatoire pour laquelle R est égal à 1 et on a aussi des distributions spatiales systématiques qui correspondent à une stratégie d'échantillonnage donnée, par exemple effectuée le long de transects, soit le long d'axes directionnels, soit le long de courbes de niveau, ou enfin, une distribution spatiale systématique pour laquelle l'échantillonnage est effectué dans un maillage régulier.

Notes

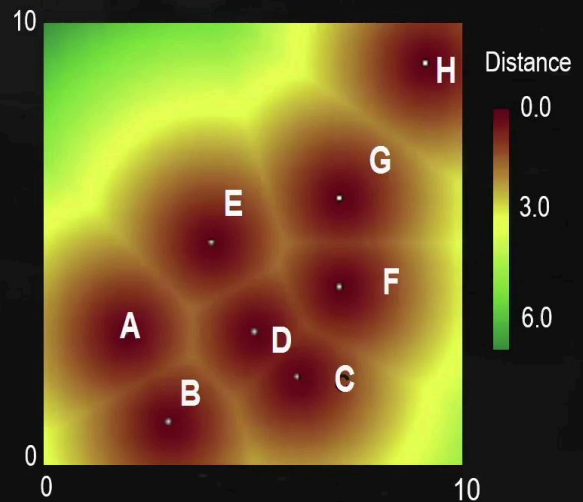
Summary



Objets ponctuels •

Relations de voisinage

- Distance aux objets de plus grande proximité
 - Distance minimale



Introduction aux systèmes d'information géographique

Quand on cherche à caractériser la répartition spatiale d'un nuage de points, on doit également s'intéresser aux relations qui existent entre ces derniers et la relation de voisinage qu'on a déjà abordée au module 1 en est une. Le voisinage est défini par la distance minimale à un ou plusieurs objets. Cette distance peut être exprimée de façon continue, comme ici à l'écran, en mode image, la couleur de chaque pixel exprime la distance au point le plus proche. La distance peut également être exprimée de manière discrète. On va chercher à représenter les zones dans lesquelles tous les points sont plus proches d'un objet particulier que de tous les autres. Dans ce cas, l'espace est découpé en polygones de Thiessen.

Notes

Summary



6m 29s

Objets ponctuels •

Relations de voisinage

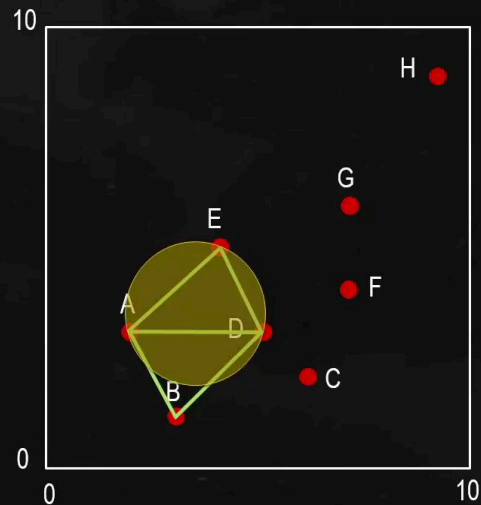
- Distance aux objets de plus grande proximité

- Distance minimale

- Polygones de Thiessen

- 1 Réseau triangulé (TIN) vérifiant le critère de Delaunay

Le cercle circonscrit de chaque triangle ne contient aucun autre point



Introduction aux systèmes d'information géographique

Pour construire les polygones de Thiessen, on utilise un réseau triangulé, TIN, pour Triangulated Irregular Network, qui est construit en reliant les points d'appui entre eux de manière à former un réseau à mailles triangulaires. Un TIN vérifié selon le critère de Delaunay respecte la règle selon laquelle le cercle circonscrit de chacun des triangles ne contient aucun autre point.

Notes

Summary



7m 12s

Objets ponctuels •

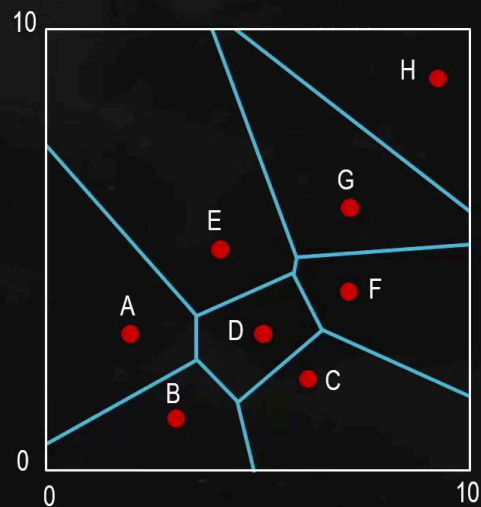
Relations de voisinage

- Distance aux objets de plus grande proximité

- Distance minimale

- Polygones de Thiessen

1. Création d'un réseau triangulé vérifiant le critère de Delaunay (TIN)
2. Médiatrices de chaque côté des triangles
3. Intersection des médiatrices = sommet des polygones



Introduction aux systèmes d'information géographique

A partir du réseau triangulé, on va construire les médiatrices de chacun des côtés des triangles et l'intersection entre les médiatrices définit les sommets des polygones de Thiessen. Les polygones de Thiessen sont aussi appelés diagrammes de Voronoï, décompositions de Voronoï, partitions de Voronoï ou encore polygones de Voronoï ou encore tessellations de Dirichlet.

Notes

Summary



7m 37s

Objets linéaires



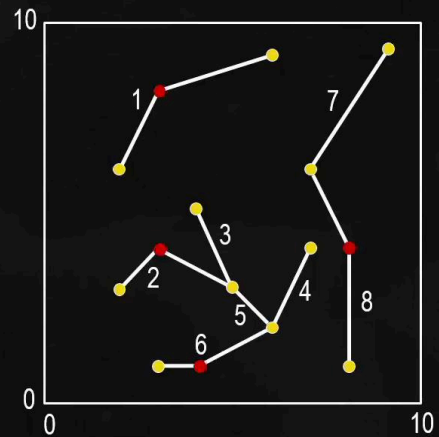
Arrangement et voisinage spatial

• Taille moyenne T_m

$$T_m = \frac{L}{c}$$

L = longueur totale

c = nombre de chaînes



$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 + L_7 + L_8 = 23.7$$

$$c = 8$$

$$T_m = 23.7 / 8 = 2.96$$

Introduction aux systèmes d'information géographique

Passons maintenant à l'analyse de l'arrangement et du voisinage spatial des objets linéaires. Les objets linéaires représentent en général un réseau, un réseau hydrographique ou un réseau routier par exemple. Il existe plusieurs descripteurs de l'arrangement et du voisinage spatial de ce type d'objets. Pour commencer, la taille moyenne T_m est définie par le rapport entre la longueur totale des chaînes et le nombre de chaînes. A noter ici que les points rouges relient des segments d'une même chaîne.

Notes

Summary



8m 14s

Objets linéaires

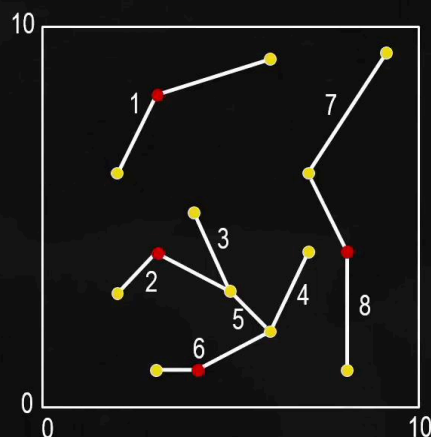
Arrangement et voisinage spatial

- Taille moyenne T_m
- **Indice de densité spatiale D**

$$D = \frac{L}{A}$$

L = longueur totale

A = aire de la zone d'étude



$$L = 23.7$$

$$A = 100$$

$$D = 0.237$$

Introduction aux systèmes d'information géographique

L'indice de densité spatiale D est quant à lui le rapport entre la longueur totale du réseau et l'aire de la zone considérée.

Notes

Summary



8m 47s

Objets linéaires

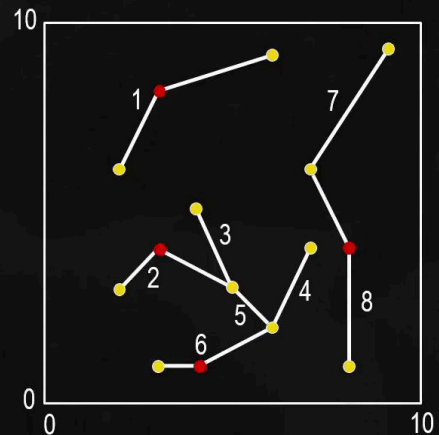


Arrangement et voisinage spatial

- Taille moyenne T_m
- Indice de densité spatiale D
- **Indice de connexité C**

$$C = \frac{c}{0.5n \cdot (n-1)}$$

c = nombre de chaînes
 n = nombre de noeuds ●



$$\begin{aligned} c &= 8 \\ n &= 11 \\ D &= 8 / (0.5 \cdot 11 \cdot 10) = 0.15 \end{aligned}$$

Introduction aux systèmes d'information géographique

L'indice C de connexité reflète le degré de complexité d'un réseau. Il est égal au nombre de chaînes divisé par un dénominateur qui exprime le nombre de combinaisons deux à deux entre les noeuds, mais ceci sans tenir compte du fait que le segment est connecté ou non. Ici, l'indice vaut 0,15 puisque C est égal à 8 chaînes divisé par 0,5 fois 11 noeuds fois 10.

Notes

Summary



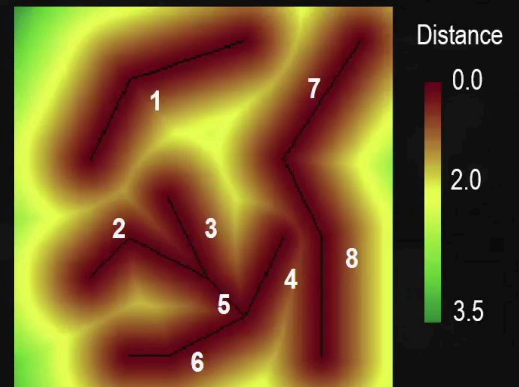
8m 57s

Objets linéaires



Arrangement et voisinage spatial

- Taille moyenne T_m
- Indice de densité spatiale D
- Indice de connexité C
- **Indice de distance**
 - Distance minimale



Introduction aux systèmes d'information géographique

L'indice de distance minimale est défini de la même manière que pour les objets de type ponctuel. En mode image, la couleur de chaque pixel exprime la distance au pixel le plus proche appartenant à un segment.

Notes

Summary



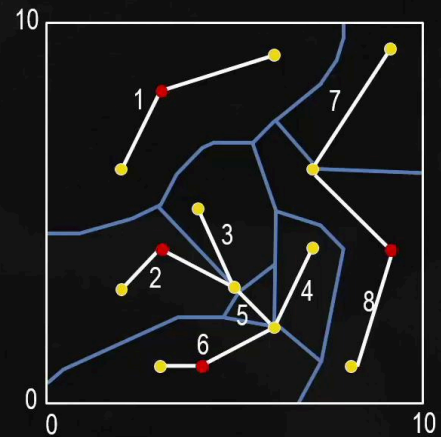
9m 24s

Objets linéaires



Arrangement et voisinage spatial

- Taille moyenne T_m
- Indice de densité spatiale D
- Indice de connexité C
- **Indice de distance**
 - Distance minimale
 - **Zones de plus grande proximité**



Introduction aux systèmes d'information géographique

Les zones de plus grande proximité aux chaînes sont également construites de la même manière que pour les objets ponctuels, soit sur la base d'un réseau triangulaire irrégulier construit sur la base des nœuds, puis en utilisant l'intersection des médiatrices des côtés des triangles pour obtenir les sommets des polygones de Thiessen.

Notes

Summary

9m 38s

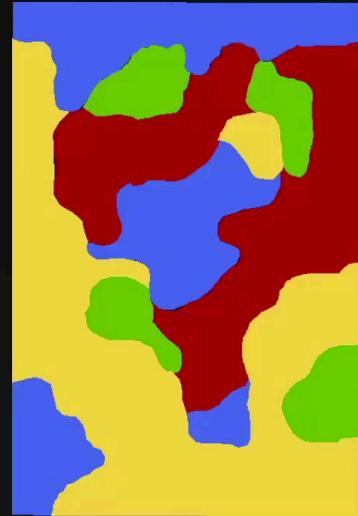


Objets zonaux



Analyse possible à trois niveaux

- Entité («patch»)
 - Chaque objet de la zone d'étude considéré indépendamment
- Classe («class»)
 - Ensemble des objets zonaux affectés à une même catégorie
- Paysage («landscape»)
 - Tous les objets de la zone d'étude considérés ensemble



Introduction aux systèmes d'information géographique

L'examen de l'arrangement et du voisinage d'objets surfaciques ou zonaux est très utile en analyse du paysage. L'idée est de caractériser les arrangements observés en référence à des catégories de taille, de forme, à des catégories thématiques, voire encore à une combinaison de celles-ci. On va examiner l'arrangement des objets, soit par classes ou catégories thématiques, soit pour toutes les classes confondues. L'arrangement est ici synonyme de structure et c'est pourquoi les indices correspondants sont appelés des indices de structure. Nous proposons ici une sélection d'indices de structure en analyse du paysage. Il y en a trois types. Le premier type, appelé patch, est centré sur chacun des objets surfaciques de la zone d'étude. Le deuxième type, qu'on appelle class, considère l'ensemble des objets zonaux affectés à une même catégorie. Finalement le troisième type, qu'on appelle landscape, aborde l'ensemble de la région d'étude. Il faut noter que ces différents indices qui reposent sur un nombre limité de variables sont souvent fortement corrélés. Ce sont les compétences de l'analyste qui vont permettre de sélectionner l'indice le plus pertinent. Ajoutons encore qu'en mode image, les procédures et indices proposés sont sensiblement les mêmes. L'objet zonal devient une région zonale.

Notes

Summary



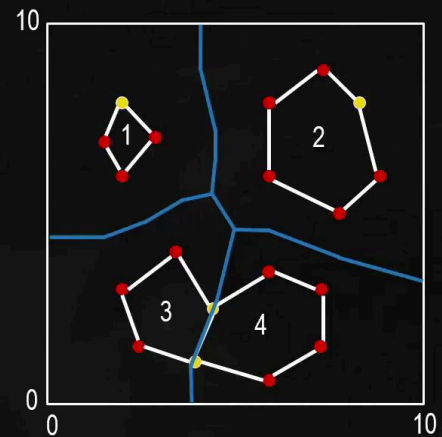
10m 08s

Objets zonaux



Niveau entité

- Distance minimale
- Zones de plus grande proximité



Introduction aux systèmes d'information géographique

Au niveau de l'entité ou du patch, l'indice de distance minimale est défini de la même manière que pour les objets de types ponctuel et linéaire. En mode image, la couleur de chaque pixel exprime la distance au pixel le plus proche appartenant à une entité surfacique. Les zones de plus grande proximité aux entités sont également construites de la même manière que pour les objets linéaires.

Notes

Summary



11m 41s

Objets zonaux



Niveau classes

- Différents indices combinant

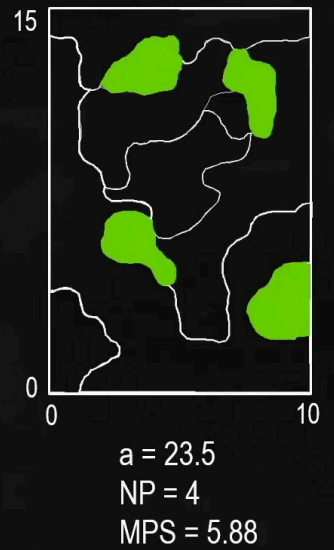
- L'aire des objets
- Le périmètre des objets
- Le nombre d'objets

$$MPS = \frac{a_c}{NP}$$

- Indices simples

- Taille moyenne (Mean Patch Size = MPS)

a_c = aire de la classe considérée
NP = nombre d'objets



Introduction aux systèmes d'information géographique

Au niveau des catégories ou des classes, il existe de nombreux indices géométriques de structure qui combinent l'aire et le périmètre des objets, ainsi que le nombre de ces derniers. Parmi les indicateurs simples, retenons ici un indice de taille moyenne des surfaces d'une même classe, appelé MPS, qui est égal à l'aire de la classe A_c , divisée par le nombre d'objets de la même classe.

Notes

Summary

12m 08s



Objets zonaux



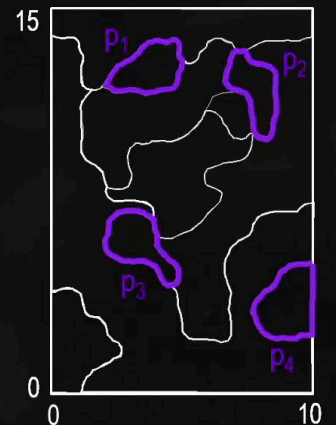
Niveau classes

- Différents indices combinant
 - L'aire des objets
 - Le périmètre des objets
 - Le nombre d'objets
- Indices simples
 - Taille moyenne (Mean Patch Size = MPS)
 - Densité des contours (Edge density = ED)

$$ED = \frac{\sum_j p_{i,j}}{\sum_j a_{i,j}}$$

$p_{i,j}$ = périmètre de l'objet j appartenant à la classe i
 $a_{i,j}$ = aire de l'objet j appartenant à la classe i

Objet	p	a
1	8.4	9.9
2	8.5	2.9
3	9.0	3.2
4	8.9	4.5



Introduction aux systèmes d'information géographique

Un autre indicateur de classe simple est l'indice de densité des contours ED, qui est égal au rapport entre la somme des périmètres des objets appartenant à une classe I , et la somme des aires des objets appartenant à la même classe.

Notes

Summary

12m 35s



Objets zonaux



Niveau classes

- Différents indices combinant

- L'aire des objets
- Le périmètre des objets
- Le nombre d'objets

- Indices simples

- Taille moyenne (Mean Patch Size = MPS)
- Densité des contours (Edge density = ED)

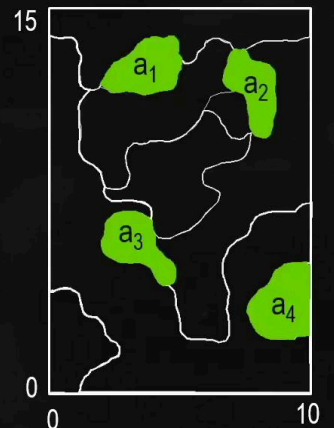
- Indices plus complexes

- Fractal moyen (Mean Patch Fractal Dimension = MPFD)

$$MPFD = \frac{1}{n_i} \sum_j \frac{2 \ln(p_{ij})}{\ln(a_{ij})}$$

n_i = nombre d'objets de la classe i

Objet	p	a
1	8.4	9.9
2	8.5	2.9
3	9.0	3.2
4	8.9	4.5



$n = 4$
MPFD = 2.7

Introduction aux systèmes d'information géographique

Il existe aussi des indices plus complexes, comme l'indice fractal moyen, qui est construit sur la base de la dimension fractale de chaque patch. La dimension fractale D est une grandeur qui traduit la façon qu'a une surface de forme irrégulière de remplir l'espace. La formule de l'indice fractal moyen présentée ici est basée sur une définition qui repose sur la dimension d'homothétie en géométrie fractale.

Notes

Summary

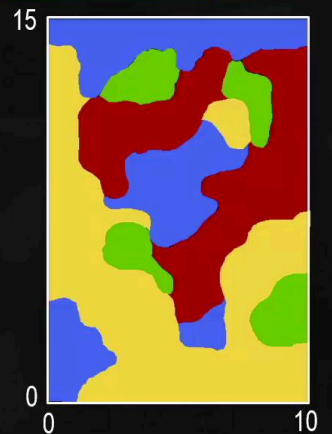


12m 49s



Niveau paysage

- Différents indices rendant compte de la tendance centrale ou de la variabilité



roduction aux systèmes d'information géographique

Nous en venons maintenant aux indices de structure des objets surfaciques considérés au niveau du paysage. Il est possible à ce niveau de produire des indices de structures thématiques qui rendent compte de la tendance centrale, c'est-à-dire de la variabilité des propriétés thématiques dans l'ensemble de la région étudiée.

Notes

Summary



Objets zonaux

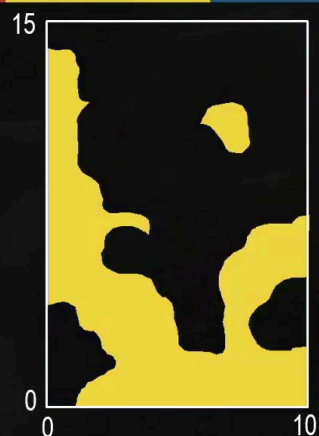


Niveau paysage

- Différents indices rendant compte de la tendance centrale ou de la variabilité
- **Indice de majorité ou mode (MOD)**

$$MOD = v_{f_{\max}}$$

$v_{f_{\max}}$ = valeur dont l'aire est majoritaire dans l'ensemble de la région



$$MOD = a_{\text{jaune}} = 63.45$$

Introduction aux systèmes d'information géographique

Pour commencer, l'indice de majorité MOD fournit la valeur ou la catégorie dont l'aire est majoritaire.

Notes

Summary



13m 35s

Objets zonaux

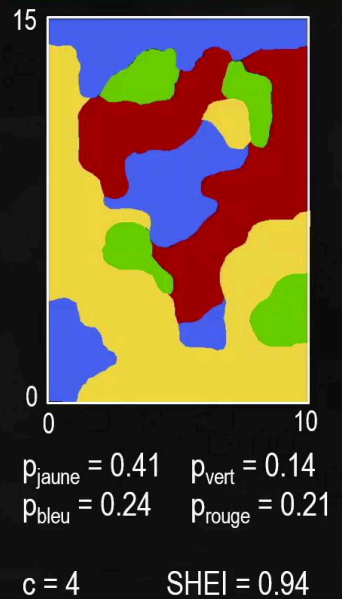


Niveau paysage

- Différents indices rendant compte de la tendance centrale ou de la variabilité
- Indice de majorité MOD
- Diversité de Shannon SHDI (ou entropie)
- **Indice de régularité de Shannon (SHEI)**

$$SHEI = \frac{-\sum_i p_i \cdot \ln(p_i)}{\ln(c)}$$

p_i = proportion de la surface de la région d'étude occupée par la classe i
 c = nombre de classes



Introduction aux systèmes d'information géographique

L'indice de diversité de Shannon ou entropie, est basé principalement sur la proportion de la surface de la région d'étude qui est occupée par la catégorie i . L'indice SHDI est égal à 0 quand la région d'étude est composée d'une seule catégorie et qu'elle est homogène. Sa valeur augmente en fonction du nombre de catégories, ainsi que de la tendance à l'uniformité des aires de chacune des catégories. L'entropie de Claude Shannon est à l'origine une fonction mathématique qui correspond à la quantité d'informations contenues ou délivrées par une source d'informations. Pour terminer, l'indice de régularité de Shannon est également basé sur la proportion de la surface de la région d'étude occupée par la catégorie i , mais on considère cette fois-ci le rapport entre cette proportion et le logarithme naturel du nombre de classes distinctes qui sont présentes dans la région d'étude. La valeur de l'indice de régularité SHEI s'approche de 0 lorsque les aires de chacun des types de catégories sont très différentes. Et l'indice vaut 1 lorsque les aires de chacun des types sont parfaitement égales, traduisant par là une régularité dans le paysage.

Notes

Summary

13m 45s

