

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»
(ФГБОУ ВПО «СГГА»)
Институт геодезии и менеджмента
Кафедра картографии и геоинформатики

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В СОСТАВЛЕНИИ КАРТ
(5 СЕМЕСТР)

Новосибирск
СГГА

Сущность и специфика картографического отображения объектов и явлений.

Картографию можно рассматривать с 2-х точек зрения:

- картографическое отображение информации;
- использование карт.

В развитии обоих направлений большую роль играют применяемые методы отображения информации (МОИ). От МОИ в определенной степени зависит, с одной стороны, детальность, точность и достоверность информации, а с другой - возможность автоматизации процесса исследования по картам.

На «вопрос современна ли карта, как носитель информации?», можно ответить и положительно и отрицательно.

Положительно потому, что карта продолжает оставаться лучшим средством передачи геоинформации человеку для ее визуального анализа.

Отрицательная потому, что традиционная карта является неудобным носителем геоинформации для передачи и анализа машинными средствами. Если для человека традиционная картографическая форма представления информации является привычной и удобочитаемой, то для машины она является очень сложной.

Основной задачей в машинной обработке карт является распознавание знаков. Следует обратить внимание на тот факт, что чем логичнее и оптимальнее по строгости графических построений знаки для зрительного восприятия, тем легче они формализуются для распознавания машины. В этой связи возникает необходимость распознавания условных знаков машиной и в то же время хорошего визуального их отображения. Картографический язык, учитывающий эти требования, называется формализованным, а карты, использующие его - нормализованными.

Хотя в основе картографической формы передачи информации лежит язык графики, картография широко использует язык математики, сочетая то и

другое. Именно поэтому картографическое отображение имеет 2 аспекта: знаковый и математический.

Знаковый аспект заключается в выполнении коммуникативных функций, основывающихся на визуальном, а в последнее время и на машинном чтении передаваемой информации.

Информация отображается посредством картографических условных знаков, которые позволяют передавать ее на карте в обобщенном и абстрагированном виде. В знаках закодировано смысловое значение отображаемых ими объектов или явлений. По существу переход от объекта или явления к его картографическому отображению есть процесс преобразования информации.

Математический аспект является определяющим, т.к. он обеспечивает проекцию отражаемой информации на математически определенную поверхность, количественное описание объектов, их точную локализацию, пространственное распределение их с характеристикой изменений по плотности, интенсивности и прочее.

Данная информация в равной степени относится как к традиционным, так и к нормализованным картам.

В решении проблемы создания нормализованных карт первостепенным является разработка новых МОИ, включающих математический, изобразительный, технический и технологический аспекты, ориентированные на машинную обработку.

Разумеется, что некоторые традиционные способы отображения (например, способы изолиний картограммы) в своей основе остаются пригодными и для нормализованных карт. Но для повышения надежного машинного распознавания знаков и повышения информативности и точности отображения информации необходимы разработки, как по оформлению карт, так и по математическим и техническим аспектам изображения.

Основные требования к МОИ заключаются в следующем:

1. МОИ должны обеспечивать возможность:

а) надежного машинного распознавания знаков;

б) эффективного (технически и экономически) машинного избирательного считывания картографической информации;

2. По своей изобразительной форме передачи информации МОИ должны иметь легко заполняющиеся и логическую по связи систему знаков и при этом обеспечивать наглядное и образное восприятие информации зрительным анализатором человека.

3. МОИ должны позволять передачу информации:

а) повышенной емкости по сравнению с общепринятой в традиционной картографии;

б) повышенной точности и достоверности.

Главное требование в картографическом отображении-пространственное соответствие количественных и качественных характеристик передаваемых объектов и явлений их действительному распространению. При отображении на крупномасштабных картах на первый план выступают требования точной передачи метрических параметров объектов и их внешнее геометрическое сходство (точная передача границ, площадей, протяженности и др.). На мелкомасштабных картах эти требования в большинстве случаев невыполнимы из-за обобщений, связанных с уменьшением изображения.

Поэтому возникает необходимость при создании карты показывать на них только типичные свойства и характерные особенности объектов, передавать сведения о них в обобщенном виде, выражая и подчеркивая при этом сопряженные связи и особенности систем и их элементов. Следовательно, процесс картографического отображения объектов и явлений можно рассматривать и как процесс построения картографической модели, созданной по определенным логико-математическим законам.

Выбор метода картографического отображения определяется назначением, темой, масштабом карты и характером отображаемого на карте объекта и явлений.

Значение карт во многом зависит от того, насколько богата и достоверна заключенная, в них полученная информация и в какой мере эта информация соответствует задачам географического исследования. Для описательной географии было вполне достаточно показать на карте один или несколько признаков географических явлений или процессов, т.е. описать элементарные факты по результатам наблюдений и измерений. Поэтому многие карты ограничивались простейшими качественными характеристиками, а при слабой информационной базе оказывались картами-гипотезами. С ростом интереса к теоретическим исследованиям и повышением роли географических карт в народном хозяйстве резко выросли требования к точности и полноте информации, передаваемой картами.

Вовлечение в процесс создания географических карт математического метода оказывалось весьма плодотворным. Оно придало картографо-математическим моделям географическую пространственную конкретность и образность, позволило вооружить создателей карты эффективными способами целенаправленной математической переработке информации любых объемов.

Сущность количественных методов. Количественные методы и картография.

Понятие «количественные методы» в отечественной и зарубежной литературе встречается довольно часто. Его широко используют физики, биологи, почвоведы, географы и другие специалисты по точным и естественным наукам. По одному из определений, количественные методы - это совокупность приемов, процедур и методов описания, преобразования и получения нового социологического знания, формализованного на основе достижений и методов современной математики и вычислительной техники.

Учитывая пространственную территориальную специфику географии, количественные методы в ней должны обязательно ориентироваться на карту, как источник количественной информации и средство визуализации результатов различных математических расчетов.

Поэтому количественные методы в географии - это совокупность приемов и процедур, направленных на получение, анализ, преобразование и картографирование чисел.

Количественные методы и картография

Современная карта (как общегеографическая, так и тематическая) выступает с одной стороны, источником массовой количественной информации, а, с другой - инструментом визуализации измеренных или вычисленных величин. Многие способы картографического изображения (картограммы, кардиограммы, изолинии, знаковые, точечные др.) позволяют быстро и достаточно надежно получать числовые данные о населении, запасах природных ресурсов, результатах сельскохозяйственного или промышленного производства, о распределении по изучаемой территории температур и осадков.

При этом могут широко применяться все три методических подхода к получению количественной информации - счет, измерение, вычисление.

Первый подход наиболее простой. Он заключается в подсчете по картам однородных знаков, например, пунсонов населенных пунктов или точек размещения посевов при точечном способе изображения.

Характерная особенность измерений по картам заключается в том, что выполняется не только с помощью приборов (линейки, циркуля, транспортира, курвиметра, планиметра и др.), но и глазомерно. Если шкалы на значковых картах, на картограммах и кардиограммах непрерывны, то используют приборы, если они ступенчаты - глазомер. Второй прием прост, но менее точен.

Получение количественной информации с карт (прежде всего с топокарт) входит в задачу топографии, а с аэро- и космических снимков в задачу аэрокосмических методов и фотограмметрии.

Разработкой методических подходов и технических приемов измерения по картам и снимкам длин, высот, площадей, координат занимается картометрия. Получение числа - может выступать с одной стороны, как источник нового знания, а с другой - как «материал» для получения с помощью математических расчетов новых количественных показателей.

Картографическая передача количественных характеристик. Приемы кодирования-декодирования количественных характеристик. Ошибки передачи.

Картографическая передача количественных характеристик - процесс, включающий создание карты и определение по ней количественных характеристик объектов и явления. Конечным результатом этого процесса является значение, какой либо характеристики, полученной потребителем карты. При этом передача количественных характеристик может быть непосредственной и картографически опосредованной. В первом случае речь идет о картографируемых количественных характеристиках, значения которых определяются из наблюдений действительности и отображаются на карте. Например, это картографирование людности населенных пунктов - с помощью картограммы.

Картографически же опосредованные характеристики не картографируются. Они определяются через картографируемые элементы с помощью некоторого комплекса измерений и их обработки. Так, густота речной сети некоторой области определяется, как частное от деления общей протяженности рек на площадь области.

Непосредственная передача количественной характеристики осуществляется по следующей схеме:



Д- картографируемая область действительности.

Наблюдая ее (измеряя) на I этапе, получаем цифровую модель характеристик (ЦМХ), которые отнесены к графически определенным объектам. Такими объектами могут выступать точечные линейные или площадные объекты.

II-ой этап означает графическое кодирование значений количественной характеристики в соответствии с их локализацией, т.е. осуществляется их отображение. В результате мы получаем картографическую модель характеристики - карту(К).

P - конечный результат передачи, которым являются числовые значения характеристики. Их получают на III этапе, путем декодирования графических изображений чисел (значений характеристики). III этап еще называют картометрическим, т.к. декодирование связано с некоторыми картометрическими операциями.

Объединение I и II этапов называется картографирование, а объединение I, II и III этапов - картографическая передача.

Объединение I и III этапов означает кодирование – декодирование. Этот этап представляет процесс картографической передачи, использующий готовую ЦМХ, построение которой осуществляется в общем случае некартографическими методами. Например, определение климатических характеристик, содержание химических элементов в воде не являются объектами картографической передачи.

Любое определение количественных характеристик приводит к приближенным результатам.

Рассмотрим ошибки картографической передачи по ее отдельным этапам.

1. Ошибка наблюдения - разность между значениями характеристики в ее цифровой модели и в действительности.
2. Ошибка отображения (кодирования) - разность между значением, показанным на карте и значением в цифровой модели.
3. Картометрическая ошибка - разность между значениями, полученными потребителем карты и значением, показанными на карте.

4. Ошибка картографирования - разность между значением, показанным на карте и действительным значением характеристики.
5. Ошибка передачи - разность между значением, полученным потребителем карты и ее действительным значением.
6. Ошибка кодирования-декодирования - разность между значением, полученным потребителем карты и значением, зафиксированным в ЦМХ.

Среднеквадратическая ошибка m_p передачи:

$$\sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2}, \text{ где}$$

m_1, m_2, m_3 – ср. кв. ошибки исходных значений картографической характеристики, отображения (кодирования) и картометрических операций (декодирования).

Непрерывные шкалы. Точность картографической передачи
количественных характеристик.

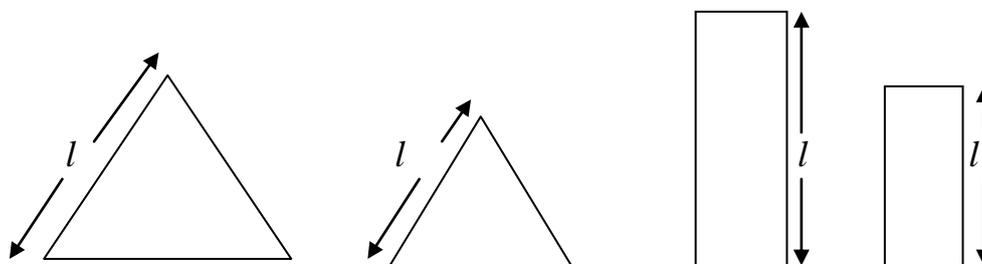
Непрерывные шкалы применяются для отображения абсолютных количественных характеристик - размерами условных знаков в способах значков, локализованных картограмм, кардиограмм, а так же для отображения относительных характеристик (частоты, густоты, плоскости) частотой регулярных сеток в способах картограммы, количественного фона, количественных ареалов.

В непрерывной шкале отображающей параметр l и отображаемая характеристика K связаны между собой следующим уравнением

$$l = F(K) \text{ или } K = f(l)$$

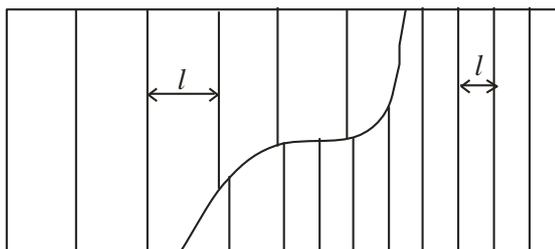
Это означает, что размер знака изменяется непрерывно вслед за изменением величины объекта.

Отображающий параметр l означает или линейный размер знака, отражающий значение абсолютной характеристики, или расстояние между знаками в регулярной сетке, отражающее относительные характеристики.



В первом случае с увеличением значения K возрастает и l .

Во втором случае с возрастанием K l уменьшается:

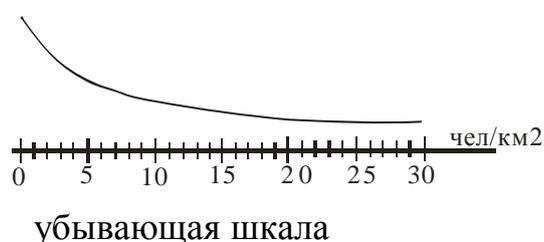
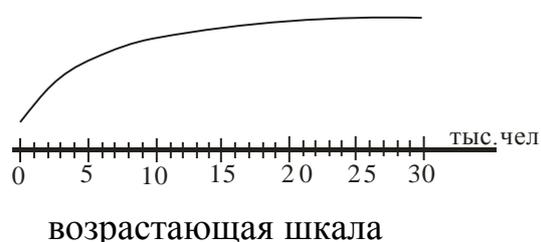


На ряду с аналитическим заданием непрерывной шкалы отображения, которое может быть использовано при составлении карты, используется графическое изображение шкалы, помещаемое в легенде карты.

Применяются 2 формы шкалы, отличающийся градуировкой, или иначе говоря, величиной шага деления основания шкалы.

В первом случае - пропорциональная градуировка, выражающаяся в делении оси на отрезки, пропорциональные величине интервалов характеристики.

При этом строится график функции $l = F(K)$



Во втором случае график функции $l = F(K)$ прямолинеен, что достигается градуировкой оси характеристики K в функциональной шкале:

$$x = A[F(K) - F(K_{min})]$$

x - координата штриха на оси K

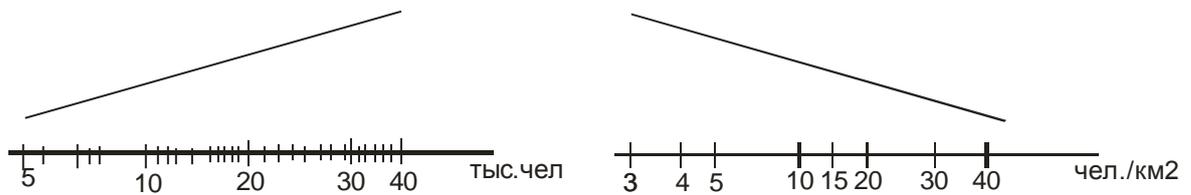
$F(K)$ - функция отображения $l = F(K)$

K_{min} - левая граница области изменения характеристики

A - постоянная величина $\frac{L}{F(K_{max}) - F(K_{min})}$

K_{max} и K_{min} правая и левая граница области изменения характеристик.

L - длина оси характеристики на графике



Точность передачи характеристик непрерывной шкалой

Значение отображающего параметра l , показанное на готовой карте, отличается от того которое было рассчитано при составлении карты с помощью шкалы отображения. Причина этого - случайные ошибки построения знаков и сеток, деформации картографического отображения при его передаче через издательский оригинал, негативы, печатные формы на тиражный оттиск карты.

Разность между значениями отображающего параметра на готовой карте и расчетным значением - ошибка картографического воспроизведения отображающего параметра.

Обозначив среднеквадратическое значение этой ошибки через m_e , определив соответствующую среднеквадратическую ошибку характеристики m_2 , среднеквадратическая ошибка отображения (кодирования) будет определяться формулой

$$m_2 = \mp \frac{m_e}{F'(K)}$$

$F'(K)$ - производная функции отображения

Тогда, когда функция убывающая.

При использовании карты снимается отображающий параметр l , затем находят соответствующее значение согласно функции отображения

$$K = f(l)$$

В соответствии с этим можно записать выражение для картометрической ср.кв. ошибки (декодирования)

$$m_3 = \mp \frac{m_e}{K F'(K)}$$

Ступенчатые шкалы отображения.

Ступенчатые шкалы для количественной характеристики явлений применяются во многих способах изображения. Задача состоит в обосновании числа ступеней шкалы и границ интервалов. Применение ступенчатых шкал, преобладающих в картографии, объясняется следующими причинами: либо желанием подразделить картографируемые явления по группам характерных величин, либо недостатком данных, а часто совместным влиянием этих причин.

Границы интервалов в ступенчатых шкалах лучше определять целыми или круглыми числами, учитывая при этом:

1. качественные различия картографируемых явлений, например, подразделение населённых пунктов на сельские и городские;
2. критические рубежи явлений, например, переход от положительных значений к отрицательным;
3. особенности явлений на конкретной территории, например, крайние значения величин и т. д.

При определении числа ступеней в шкалах значков, линейных знаков и картодиаграмм надо учитывать условия различаемости знаков между собой. Опыт показывает, что для зрительной дифференциации знаков на карте надо в шкале последовательно увеличивать их линейные размеры не менее чем в 1,5 раза.

Обозначим линейный размер наименьшего знака через ***a***, наибольшего – через ***A***, коэффициент последовательного увеличения линейных размеров – ***R***.

Тогда $A = a \cdot R^{n-1}$

$$n = 1 + \frac{\lg A - \lg a}{\lg R}$$

Эти формулы можно применять в разных целях: например, задавая min и max размеры знаков, а также коэффициент перехода от ступени к ступени,

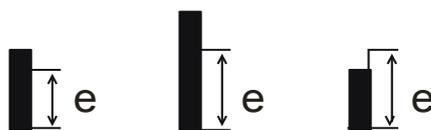
определяют число ступеней шкалы или по числу ступеней и коэффициенту находят соотношение размеров max и min знаков.

Известно, что различия в размерах знаков, а также различия в оттенках ступеней одноцветной шкалы хорошо ощущаются на карте, если число этих различий не превосходит 7. При многоцветной шкале число ступеней может возрастать до 12 – 14.

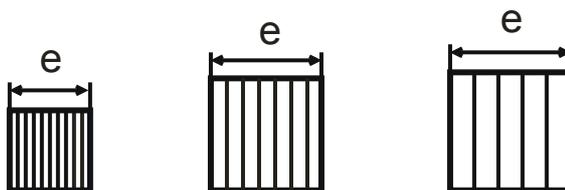
Комбинированные шкалы отображения.

В практике тематического картографирования, когда $\frac{K_{max}}{K_{min}}$ достигает сотен тысяч, относительные ср. кв. ошибки кодирования – декодирования составляют десятки процентов. Уменьшения этих ошибок можно достигнуть с помощью комбинированных ступенчато - непрерывных шкал отображения. Суть метода состоит в том, что для каждого интервала некоторой ступенчатой шкалы разрабатывается непрерывная шкала, которая фиксирует значение отображаемой характеристики относительно левой границы интервала. В условных знаках необходимо закладывать возможность распознавания интервалов ступенчатой шкалы и введение отображающего параметра непрерывной шкалы отображения.

Например:



Здесь высота передаёт интервалы ступенчатой шкалы. А отображающий параметр фиксируется как расстояние между дополнительно введёнными штрихами.



Интервал ступенчатой шкалы отображается плотностью штриховки, а отображающий параметр непрерывной шкалы – его линейный размер.

Вместе с повышенной точностью кодирования – декодирования количественных характеристик комбинированные шкалы достигают той же выразительности изображений, что и ступенчатые шкалы.

Но применение комбинированных шкал усложняет процесс декодирования в легенде карты.

Одно из наиболее важных условий, обеспечивающее относительную простоту использования данной шкалы – применение одной и той же непрерывной шкалы отображения для всех интервалов ступенчатой шкалы. Примером таких комбинированных шкал могут служить шкалы с постоянными АСКО и ОСКО кодирования – декодирования.

Рассмотрим расчет комбинированной шкалы с постоянной АСКО.

Сначала вычисляются границы интервалов ступенчатой шкалы:

$$a_i = K_{\min} + \frac{K_{\max} - K_{\min}}{n} \cdot i,$$

где, a_i – правая граница i -го интервала;

n – число интервалов.

При этом АСКО кодирования – декодирования для ступенчатой шкалы

$$m'_{\rho} = \frac{K_{\max} - K_{\min}}{n\sqrt{12}} \quad \left(\begin{array}{l} \text{в соответствии} \\ c \quad m_3 = \frac{a_i - a_{i-1}}{\sqrt{12}} \end{array} \right)$$

Величиной, отображаемой с помощью непрерывной составляющей комбинированной шкалы, является разность ΔK отображаемого значения характеристики K и левой границы a_{i-1} того интервала ступенчатой составляющей, в который попадает это значение.

Расчёт непрерывной составляющей комбинированной шкалы осуществляется при условии $dl = \pm \frac{m \cdot dK}{K \cdot M'_{\rho}}$. Общее решение

дифференциального уравнения

$$dl = \pm \frac{m \cdot dK}{K \cdot M'_{\rho}}$$

при замене K на ΔK имеет вид

$$l = \pm \frac{m}{M'\rho} \Delta K + A$$

ΔK при таком построении комбинированной шкалы изменяется в пределах

$$\text{от } 0 \text{ до } \frac{K \max - K \min}{n}$$

$$m'\rho = \frac{m(K \max - K \min)}{n(e \max - e \min)}$$

Шкалы для отображения совокупностей однородных показателей.

Для оценки ряда объектов и явлений используются комплексные характеристики, состоящие из ряда однородных показателей. Например, одной из характеристик качества воды является содержание в ней различных химических элементов (Zn, Pb, Mn), выражаемое в мг/л. Использование отдельной шкалы отображения для каждого показателя нецелесообразно, так как это перегружает легенду и затрудняет чтение карты. Поэтому возникает задача отображения всех показателей с помощью общей шкалы, которая должна охватывать область изменения всех показателей. Задать эту область можно min и max значениями, выбранными из списка значений всех показателей. При этом целесообразно значения показателей нормировать по некоторому общему для всех показателей правилу:

$$K_n = \frac{K_i}{H_i}, \quad \text{где}$$

i – номер показателя;

H_i – некоторое его значение, принимаемое за основание его нормирования.

За H_i можно использовать левую $K \min$, правую $K \max$ границы области изменения соответствующего показателя, его среднее арифметическое значение. При этом границы нужно округлять до 1 – 2 значащих цифр в сторону уменьшения для $K \min$ и увеличения – для $K \max$.

Для некоторых показателей установлены значения, имеющие смысл «нормы», превышение (или уменьшение) которых приводит к отрицательным последствиям. К ним относятся ПДК веществ в воздухе, воде, почве. Использование «норм» в качестве N_i позволяет подразделить нормированные значения на благоприятные и неблагоприятные по знаку их отклонения от единицы.

Рассмотрим пример построения общей области изменения для совокупности 3-х показателей – содержание Pb, Al, Cu в воде.

№	Название	ПДК	K_{\min}	K_{\max}	K°_{\min}	K°_{\max}
1	Pb	0,030	0,016	0,019	0,015	0,20
2	Al	0,500	0,127	0,192	0,12	0,20
3	Cu	1,00	0,830	1,480	0,800	1,50

В таблице для этих элементов приведены ПДК, а также границы областей их изменения – $K_{\min}(i)$ и $K_{\max}(i)$, выбранные по значениям этих показателей, определённых для множества точек водозабора на некоторой территории.

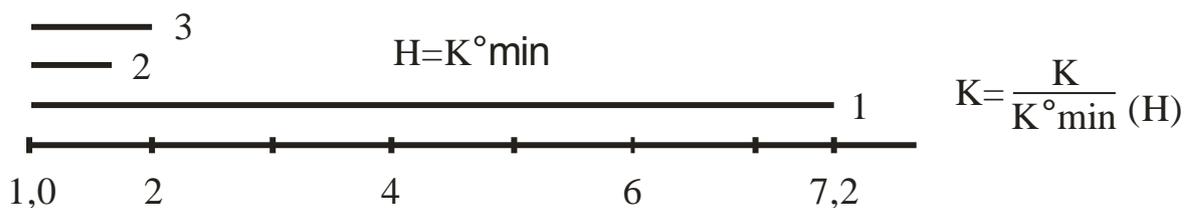
Как уже было сказано выше, K_{\min} нужно округлять в сторону уменьшения, K_{\max} – в сторону увеличения для того, чтобы все значения соответствующего показателя попали в область с округлёнными (принятыми) границами. Необходимость округления обусловлена тем, что по карте непосредственно будет определяться величина K_n , а действительное значение показателя вычисляется как

$$K_n \cdot N_i$$

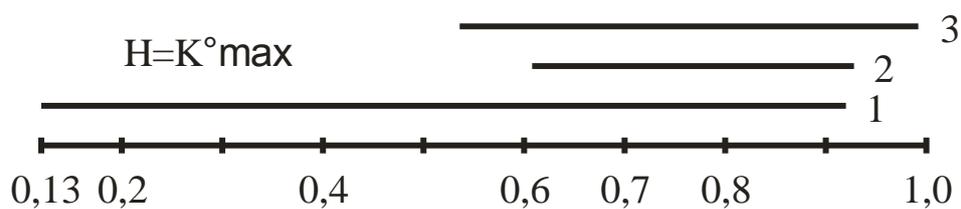
Варианты расчета общих областей изменения могут быть различны.

Например, по $K^{\circ\text{min}}$ и $K^{\circ\text{max}}$ расчет областей изменения выглядят так:

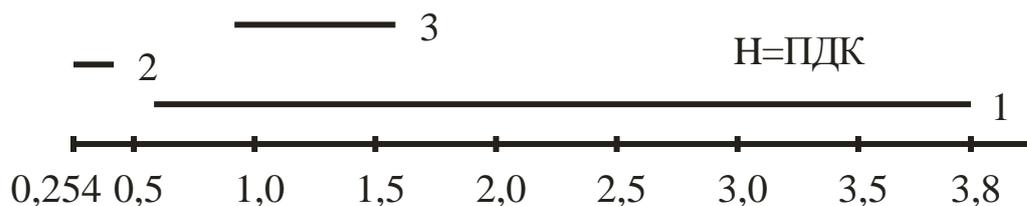
а)



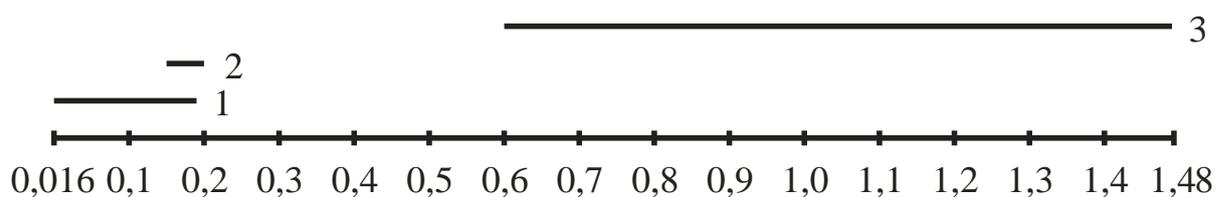
б)



в)



г)



Отображение информации методом растровой дискретизации.

МРД редко применяется при создании тематических карт. Однако он обладает определёнными возможностями, как и любой другой способ или приём отображения. Метод позволяет отображать объекты или явления, имеющие любой характер распространения в пространстве за исключением линейных объектов.

МРД может быть целесообразен прежде всего там, где требуется отражение информации аналитического характера, отличающейся высокой детальностью и точностью.

Сущность метода состоит в дискретной интерпретации отображаемой информации на основе системы линейных растворов различных параметров, являющихся одновременно информационными и изобразительными признаками качественной и количественной сторон содержания карты. Линии раstra берутся с одной пространственной ориентацией, т. е. одинакового направления (в отдельных случаях допускается взаимно перпендикулярное расположение линий раstra).

Информационными параметрами такой системы растров являются:

1. Толщина T , характеризующаяся различием по толщине линий раstra.



2. Частота W – величина интервала между осевыми линиями раstra.



3. Цвет C – изменения по цветовому тону, насыщенности и светлоте.



4. Длина L – длина отдельных линий или суммарных значений по длине линий раstra.



5. Группировка H – количество линий в группе m с равными интервалами, например в одну линию, две, три и т. д.



6. Комбинация K – сочетание линий по цвету и толщине в группе.



По количеству используемых параметров и по количеству оптимально возможных ступеней градаций по каждому параметру можно судить об информативности метода.

Информативность метода будет зависеть от 2-х основных факторов:

1. От оптимальных порогов различий человеком по каждому параметру (т. е. в ступенях градаций);
2. От требований, предъявляемых к детальности и точности отображаемой информации (увеличение градаций по параметрам Т, W, Н в отдельных случаях снижает детальность и точность).

Изобразительные свойства растров по МРД и воспринимаемость их человеком.

Растр как изобразительное средство в картографии известен давно. Принципиальное различие растров по МРД с изобразительной точки зрения состоит в одинаковой направленности любых построений и параметров линий раstra. Это в некотором отношении ограничивает изобразительные свойства МРД по сравнению с произвольным растром (типографскими сетками), но вместе с тем МРД вносит строгую системность и логичность в построение знаков, обеспечивая высокую информативность. Такая информативность достигается параллельным нанесением линий раstra различных параметров, благодаря чему они воспринимаются отдельно при любых сочетаниях. При таком изображении достигается большая возможность введения не только количественных, но и качественных признаков, а также возможность более точного сопоставления и оценки информации.

Такая возможность отсутствует в традиционном растровом отображении, задача которого заключается в построении единого цветового поля путём наложения различных по параметрам сеток, различающихся не только по цвету и толщине, но и по конфигурации. Цель таких построений – уменьшить количество красок при издании и создать выразительную и наглядную форму представления информации.

МРД с изобразительной точки зрения позволяет создавать единство цветового поля за счёт эффекта пространственного смещения цветов. Эффект пространственного смещения наблюдается, когда поверхность бумаги, покрытая цветными линиями, на определённом расстоянии воспринимается слитной, однотонной. Полностью сглаженный, равномерный тон достигается тогда, когда линии неразличимы. Однако единство цвета в восприятии параллельно нанесённых линий разного цвета наблюдается и тогда, когда линии ещё достаточно хорошо различимы за счёт регулярной повторяемости одноцветных линий по полю. Этот эффект двойственности восприятия лежит в основе изобразительных свойств МРД.

Важным свойством растров по МРД являются их хорошая воспринимаемость человеком. Рассмотрим пример отображения дискретной информации по МРД с традиционным точечным способом. Как известно, точечный способ широко применяется в основном для отображения рассеянных объектов.

Концепция поля в географии.

Концепция поля в географии есть система представлений о реальных и абстрактных полях и поверхностях, о способах их картографического изображения. Она предназначена для создания и использования картографических моделей полей в научных и практических целях.

В настоящее время концепция поля серьёзно заинтересовала представителей различных наук – геофизиков, метеорологов, гидрологов,

демографов, социологов и т. д. Это можно объяснить возможностью широко использовать математический аппарат и карту как средства получения, хранения и преобразования разнообразной количественной информации о природных и социально-экономических явлениях.

Определим само понятие «поле».

Физики обычно считают полем пространство, в котором действуют силы того или иного рода. Не случайно наиболее близким географам геофизическим полем Земли считают пространство, в котором действуют силы, связанные с земным веществом, его движением и происходящими в нём процессами.

Другое, абстрактно-математическое понятие поля предполагает наличия пространства, в каждой точке которого определено численное значение некоторой величины. При этом поле рассматривается как функция положения точки в пространстве и времени.

В таком виде объём понятия «поле» значительно расширяется. Оно охватывает уже не только природные, но и социально-экономические явления.

Считается, что существует 3 основных представления о поле:

1. физическое – поле как область распространения сил, энергий, взаимодействий;
2. абстрактно-математическое – область распространения величин, характеризующих явления с самых различных сторон;
3. абстрактно-логическое – область распространения любых явлений и их показателей, как в качественном, так и в количественном выражении.

Атрибутом любого поля является непрерывность распределения изучаемых количественных признаков. Поэтому полем правомерно называть область непрерывного распределения количественных признаков.

Из всех возможных способов картографического изображения полей основным является способ изолиний, который обладает повышенной

наглядностью, особой метричностью и информативностью, малой знаковой загруженностью карт.

Отсюда, картами полей правомерно называть особую группу карт, предназначенную для изолинейного отображения непрерывного территориального распределения количественных признаков, характеризующих как природные, так и социально-экономические явления.

Карты полей и их разновидности

Известно, что физики подразделяют поля на 2 большие группы – скалярные и векторные.

Скалярным полем называют область пространства, каждая точка которого описывается своим значением количественного признака.

Для описания точек пространства векторного поля обязательны 2 векторные характеристики: числовое значение (модуль) и направление движения. Соответственно этим 2 группам полей выделим карты скалярных и карты векторных полей.

Именно карты скалярных полей имеют непосредственное отношение к понятию «статистическая поверхность» и к изменениям как наиболее эффективному средству картографического изображения этих полей.

Статистическая поверхность – это абстрактный рельеф, образованный совокупностью значений изучаемого явления в бесконечном количестве точек местности. Показатели изменяются плавно, без скачков, и образуют плавные поверхности.

Способы отображения векторных полей на картах менее разнообразны. Здесь наиболее подходят стрелки, совмещающие 2 характеристики: модуль и направление движения.

Математический подход к подразделению карт полей предполагает учет особенностей получения и математической обработки количественной информации, лежащей в основе этих карт. По способу и месту получения

количественной информации карты полей можно подразделить на карты полей натуральных наблюдений и карты расчетных полей.

Карты полей натуральных наблюдений составляются по данным непосредственных инструментальных измерений параметров полей в точках местности в полевых условиях. К ним можно отнести измерения рельефа земной поверхности, геологического и почвенного строения, метеорологических и гидрологических показателей. Все более важную роль играет дистанционное зондирование, предполагающее измерение на расстоянии.

Карты расчетных полей составляются в результате предварительной математической (чаще математико-статистической) обработки в камеральных условиях разнообразной количественной информации, собранной в поле или снятой с карт и снимков, а также полученной по материалам статистической отчетности.

Математико-статистической обработке могут подвергаться как временные, так и территориальные ряды.

В первом случае выявляются и картографируются непрерывные распределения таких показателей, как среднемесячная температура воздуха, среднеквадратическое отклонение осадков по годам, годовой прирост урожайности по годам и т.д.

Во втором случае – данные, локализованные в точках, на линиях и площадях, которые обобщаются статистически по всей изучаемой территории или по отдельным территориальным ячейкам. При этом получают не среднемесячные или среднегодовые показатели, а показатели, средние по территориальным ячейкам, например, средние температуры или осадки по районам.

Учитывая ориентацию современных наук на изучение объектов как систем, состоящих из отдельных динамических и взаимосвязанных элементов, целесообразно все многообразие карт полей природных и

социально-экономических явлений подразделить на карты полей статистики, динамики и взаимосвязи явлений.

Традиционное для большинства карт отображение явлений в статистике по отдельным временным срезам оказывается недостаточным. Ведь объекты и явления – не застывшие образования, они меняют свое пространственное положение и состояние. Эту изменчивость призваны отобразить особые карты полей динамики. Если 2-я группа карт полей показывает, в каком направлении, и с какой интенсивностью происходит развитие явлений, то 3-я группа – карты полей взаимосвязи, дает ответ на вопрос, какие факторы и в какой мере определяют сложившуюся пространственную структуру изучаемых объектов и явлений.

Общие правила создания карт полей

Несмотря на большое разнообразие карт полей при их составлении следует руководствоваться следующими общими правилами, в основе которых лежит свойство сплошного непрерывного распределения скалярных и векторных характеристик картографируемых полей, а также принципиальная невозможность производства измерений во всех точках местности.

1. Обязательность предварительного измерения (для карт расчетных полей) скалярных и векторных характеристик в выбранных точках местности.
2. Потенциальная возможность определения характеристик полей в любой точке местности (карты).
3. Репрезентативная выборочность измерений и расчетов в точках.

Действительно, определить и картографически воспроизвести скалярные и векторные характеристики в бесконечном множестве точек местности невозможно. Поэтому ограничиваются выборочными измерениями по регулярным и нерегулярным сеткам точек, которые часто называют

контрольными точками. Когда эти точки предназначаются для проведения изолиний, их правильнее называть опорными точками.

4. Воспроизведение в точечных измерениях и расчетах непрерывных свойств полей, что проявляется в определенной постоянности изменения количественных признаков между соседними контрольными (опорными) точками, в отсутствии резких скачков и бесконечно больших значений.

5. Распределение данных, полученных в опорных точках, на всю картографируемую территорию. Осуществляется это чаще всего с помощью обычной картографической интерпретации.

Классификация карт полей динамики.

Карты векторных полей.

Динамизм явлений означает их подвижность и изменчивость. Поэтому целесообразно подразделить карты полей динамики на карты, отображающие с одной стороны, движение, перемещение объектов и явлений, а с другой – изменение их состояния. Первая группа карт призвана показывать скорость и направление перемещения объектов или явлений в физическом пространстве, вторая – изменение во времени количественных признаков (например, изменение температурного режима, плотности населения, концентрации природных ресурсов и др.)

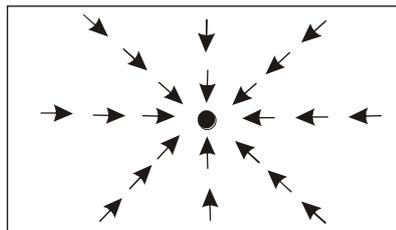
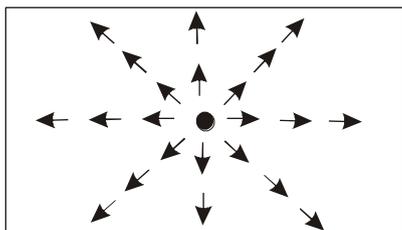
Особое место в первой группе карт занимают карты, имеющие отношение к концепции векторного поля.

Векторное поле в географии предполагает непрерывное распределение по земной поверхности сразу 2-х показателей – количественного показателя (скалярной величины, модуля вектора) и направления движения (перемещения вещества и энергии). Отсюда стрелка-вектор является главным средством картографического изображения векторных полей. Его длина и толщина показывают объем перемещаемой массы или скорость перемещения, а ориентировка – направление движения.

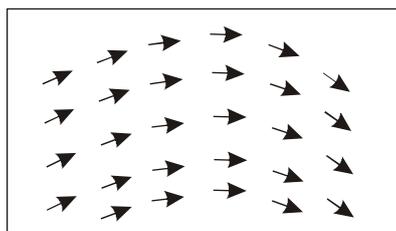
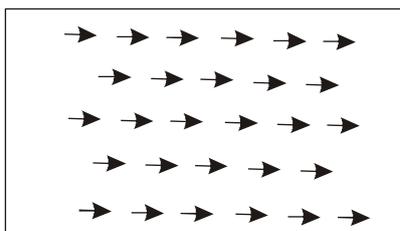
Физическая природа векторных полей объясняет их применение в первую очередь для картографирования природных явлений. Карты векторных полей широко применяются в метеорологии и гидрологии для изучения таких динамических явлений, как ветер и морские течения.

Карты векторных полей удобно подразделять на:

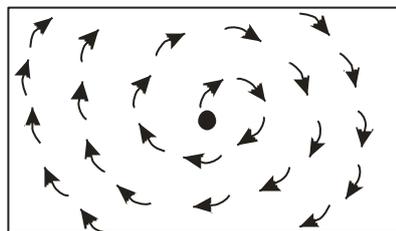
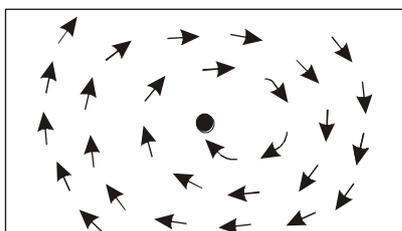
1. Центрические (центробежные и центростремительные), имеющие точки притяжения и отталкивания.



2. Линейные (прямолинейные и криволинейные), на которых четко выраженная центричность отсутствует, заменяясь свойствами потока.



3. Вихревые, совмещающие в себе элементы и центричности, и криволинейности. Точками притяжения и отталкивания могут быть центры циклонов и антициклонов, крупные населенные пункты, промышленные и культурные объекты и т.д.



центростремительные

центробежные

Карта векторного поля способна показать динамику изучаемого явления лишь в двумерном пространстве. В действительности же это

движение происходит в трехмерном физическом пространстве. Поэтому, чтобы описать движение более полно, иногда, полезно дополнительно строить карты вертикальных составляющих, которые называются картами вертикального движения. Их следует отнести не к векторным, а к скалярным полям. Они могут показывать изменение высот земной поверхности под влиянием тектонических сил, подъем и опускание вод морей (уровня моря). В большинстве же случаев исследователи пренебрегают вертикальной составляющей из-за ее крайне малого числового значения.

Основные правила создания карт динамики непрерывных и дискретных явлений

Наиболее простую динамическую характеристику получают в результате вычитания показателя прошлого состояния явления из показателя настоящего состояния, или проще – более раннего из более позднего. Разность делят на временной промежуток. В результате получают среднюю скорость изменения количественного признака за определенный временной промежуток (день, месяц, год и т.д.).

Богатую и надежную информацию об изменчивости явлений можно получить с помощью математико-статистической обработки длинных рядов динамики. Общим показателем изменчивости в этом случае оказывается показатель варьирования величин во временном ряду вокруг среднего значения, например, среднеквадратическое отклонение или коэффициент вариации.

По характеру статистической обработки рядов динамики, карты полей динамики, отображающие изменение состояния явлений, можно разделить на карты временного варьирования и карты тенденции развития.

Для размещения и функционирования многих природных явлений (особенно гидрометеорологических), характерна непрерывность как пространственная (от одного места к другому), так и временная (от одной

даты к другой). Изучение общих пространственно-временных закономерностей этих явлений основывается на получении, обработке и картографировании количественной информации по точкам временных срезов.

В размещении, изменении состояния и движения других явлений (например, социально-экономических и биологических) более отчетливо видны черты дискретности. Так, например, временная дискретность социально-экономических явлений проявляется в сезонности и ритмичности производства, в ритмичности перемещений изготовленного сырья. Фактическая дискретность многих из этих явлений часто усиливается дискретностью искусственной, вызванной использованием количественной информации, условно локализованной по временным интервалам или датам (месяцам, годам, десятилетиям). Это особенно свойственно данным статистической отчетности. Пространственная и временная дискретность, а также сравнительно малая подвижность таких явлений не исключают необходимости воспроизведения их непрерывных свойств на значительных по площади территориях и при достаточно большом временном отрезке, исчисляемом годами, десятилетиями, столетиями. В этих условиях полезно с помощью математической обработки пространственных и временных рядов вычислять векторные характеристики и показатели изменения состояния явлений в точках и распространять их с помощью картографической интерпретации на всю изучаемую территорию.

Если методические приемы создания карт полей динамики по натурным наблюдениям разработаны и описаны достаточно полно (особенно в гидрометеорологической литературе), то этого нельзя сказать о картах расчетных полей, основанных на использовании дискретных данных. Имеются приемы составления картограмм и картодиаграмм среднегодового изменения концентрации социально-экономических явлений. На основе сравнения данных по 2-м годам составляют картограммы заселения Иркутской области, изменения в размещении населения в южной части

Восточной Сибири. Составлены картограммы и картодиаграммы среднегодового прироста сельскохозяйственной продукции по длинным временным рядам. Однако все эти карты нельзя назвать картами полей, т.к. они не отражают непрерывность пространственных распределений изучаемых показателей.

Для построения карт полей динамики необходима сеть точечных наблюдений, значения которых посредством интерполяции распространяют на всю картографируемую площадь.

Общие требования к проектированию системы картографических знаков

Рассматриваемая методика проектирования знаков в основном ориентирована на создание тематических карт, т.к. при их создании может проявляться наибольшая степень свободы в разработке системы знаков, выборе и проектировании способов отображения. Что касается топографических и общегеографических карт, то система картографических знаков и способов отображения на них ограничена рамками стандартизации.

Подход к проектированию системы картографических знаков во многом определяется назначением карты, ее тематикой, масштабом и т.д. Наибольшее различие в подходе к проектированию системы знаков и выборе способов отображения наблюдается между картами, предназначенными для широкого потребителя и картами для научно-производственного использования. Последние должны обеспечивать возможность снятия с них точной и достоверной информации, представляемой как в виде прямого и косвенного цифрового кодирования, так и в виде фиксации геометрически точного положения объекта. При этом очень важно, чтобы качественные различия объектов, выраженные цветом и структурой рисунка, надежно распознавались как человеком, так и машиной.

Иной подход к проектированию и построению картографического изображения принимается на популярных картах и атласах. Здесь основное внимание должно быть сосредоточено на наглядном, выразительном, образном и легко запоминающемся представлении содержания карты. Причем необходимо четкое подразделение на главное и второстепенное посредством использования изобразительных приемов, которые делили бы изображение на несколько планов. На врезках этих карт и атласов должны быть широко использованы различные диаграммы, графики и схемы, более полно раскрывающие содержание карты. На таких картах нет надобности стремиться к такой точности изображения, какую имеют карты научно-производственного использования, т.к. по этим картам никаких исследований проводиться не будет.

Основные принципы проектирования знаков

1. Система знаков должна быть информативной. Следует стремиться к тому, чтобы степень сложности рисунка знака была в оптимальном соответствии с количеством передаваемой информации.
2. Знаки и изображения карты в целом должны быть лаконичными; изображение должно содержать на переднем плане только те элементы, которые необходимы для передачи главного содержания.
3. При построении знаков и изображения в целом должен соблюдаться принцип акцента (ударения), то есть знаки, обозначающие наиболее существенную информацию, необходимо выделить размером, формой, светом.
4. В проектируемой системе знаков необходимо соблюдать принцип дифференцируемости в структуре, т.е. каждая группа знаков должна иметь четкую, легко запоминающуюся и отличающуюся от других групп и внутри себя графическую структуру, наглядно отображающую характер информации, которую они несут.

5. Желательным условием при проектировании знаков является учет эстетического аспекта (гармония форм и цвета). Это очень важно для популярных карт и атласов.
6. Обязательным условием является оптимизация размеров знаков (по минимуму и максимуму), различий между ними и минимальных размеров изображений на карте.
7. Проектировать знаки нельзя без учета взаимного пространственного положения картографируемых объектов на поле карты для оценки возможного взаимодействия знаков при их различных сочетаниях.

Конструктивные элементы для построения системы знаков

1. Точка может иметь различные размеры и цвет, она может быть геометрическим центром фигуры и иметь самостоятельное значение как символ, обозначающий качественную или количественную характеристику объектов и явлений.
2. Линия может иметь различную длину, толщину, структуру, цвет, кривизну. Она может обозначать направление, протяженность, ограничения (границы), движение, а также выступать как самостоятельный знак.
3. Плоская форма – однородная по цветовому тону или текстуре фигура; используется для построения различных форм и знаков (окружности, треугольники, контуры и т.д.).
4. Цвет – один из основных строительных материалов при проектировании знаков. Используется главным образом для обозначения различий между знаками на плоских фигурах, точках и линиях, а также для описания объемной формы при помощи светотеней (в качестве одного из свойств цвета выступает тон).
5. Текстура описывает поверхностную структуру знака. Она образуется скоплением малых частичек в виде равномерно рассредоточенных абстрактных или символических элементов изображения, образующих

определенную систему, воспринимаемую визуально как единое целое, как однородное поле. Текстуры могут быть абстрактными (например, различные типографские сетки при передаче фона) и символическими (например, ареал, обозначенный символическим знаком).