процессы разработки систем мониторинга для Красноярского края, повысит качество предоставляемых услуг для населения края и качество принимаемых управленческих решений. Рассмотренное решение может быть использовано не только для территории Красноярского края, а ресурсы и инструменты разработанной программно-технологической платформы могут быть использованы при разработке других систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кадочников А.А. Веб-сервисы и приложения для геоинформационного Интернет-портала ИВМ СО РАН. Материалы Международной конференции «ИнтерКарто-ИнтерГИС-17». Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт». Белокуриха, Денпасар, 14-19 декабря 2011. – С. 93-97.
2. Кадочников А.А. Организация доступа к электронной карте Красноярского края для информационно-аналитических систем с помощью веб-сервисов. // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто-ИнтерГИС-18». Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт» / Редкол.: С.П. Евдокимов (отв. ред.) [и др]. Смоленск, 26-28 июня, 2012 г. Смоленск, 2012. 532 с. – С. 136-140.
3. Пятаев А.С., Якубайлик О.Э. Средства автоматизации подготовки и веб-публикации данных в технологии MapServer / Проблемы информатизации региона. ПИР-2009: Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции. / Красноярск, СФУ 2009. – С. 148-150.
4. Якубайлик О.Э., Кадочников А.А., Попов В.Г., Токарев А.В.. Модель геоинформационной аналитической Интернет-системы для анализа состояния и презентации региона // Вестник СибГАУ, 2009, Вып. 4 (25). – С. 61-66.
5. OpenGIS Web Map Service (WMS) Implementation Specification. / Open GIS consortium. [Электронный ресурс] – <<http://www.opengeospatial.org/standards/wms>> (21.12.2013).
6. Tile Map Service Specification. / The Open Source Geospatial Foundation [Электронный ресурс] – <http://wiki.osgeo.org/wiki/Tile_Map_Service_Specification> (21.12.2013).

ПРИОРИТЕТНОСТЬ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ГЕОИЗОБРАЖЕНИЙ

Т.Н. Курач., Р.В. Олейник

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

Киев, Украина, tnkurach@ukr.net

PRIORITY BASIC PROPERTIES GEOIMAGES

T. Kurach, R. Oliynyk

Taras Shevchenko National University of Kyiv

Kyiv, Ukraine, tnkurach@ukr.net

Abstract. As a result of the collective expert evaluation prioritized geomages basic properties based on their weighting factors. Results of examinations checked for coherence, while considered a

factor of scientific expertise. Comparative characterization of expert methods: direct evaluation, ranking and hierarchy analysis, which revealed minor discrepancies in the estimates of expert judgment. Keywords: direct evaluation, ranking, analytic hierarchy process, the expert commission, the weighting coefficients.

При визуализации результатов исследования важно определить возможности и условия использования геоизображений для реализации поставленной цели и задач. Моделирование геоизображений на основе заданных свойств связано с проблемой выбора вида геоизображения, наилучшим образом отражающего явление или процесс исследования. С увеличением количества и разнообразия видов геоизображений и возможностей их конструирования выбор расширяется, а проблема становится более сложной. Одним из решений эффективного моделирования геоизображений с заданными свойствами, является их формализация, в частности, путем установления количественной меры свойств, по которым оценивается геоизображение любого вида. Такие составляющие геоизображений как проекция, масштаб, метрика легко задаются при моделировании за счет наличия строго определенных количественных параметров, тогда как, наглядность или абстрактность определяются в большинстве случаев интуитивно или экспериментальным путем, что нередко связано с потерей времени и ошибочными решениями. Формализация свойств повысит эффективность управления процессом конструирования геоизображений максимально, исключая субъективность и случайность в принятии решений.

Цель статьи – определение приоритетности свойств геоизображений на основе весовых коэффициентов установленных различными экспертными методами.

Весовые коэффициенты получают различными методами, среди большинства, применяемых на практике, следует отметить методы экспертных оценок с последующей обработкой материалов средствами математической статистики. Для определения весовых коэффициентов свойств геоизображений использовано три метода: непосредственной оценки, ранжирования и анализа иерархий. Весовые коэффициенты представляются в долях единицы, что позволяет легко интерпретировать значимость обрабатываемых данных, в том числе свойств геоизображений.

Экспертной комиссии, в составе 9 специалистов, предложено различными методами установить приоритетность 10 свойств геоизображений. Формирование экспертной комиссии происходило на основе апостериорных исследований с установлением оптимальной численности экспертной группы и расчетом коэффициентов компетентности каждого из экспертов [Кузнецов, 2003]. Объектом экспертного оценивания выступают 10 свойств геоизображений выделенных А.М.Берлянт: пространственно-временное подобие, содержательное соответствие, абстрактность и конкретность, избирательность и синтетичность, статичность и динамичность, метричность, однозначность, непрерывность, наглядность, обзорность [Берлянт, 2006].

Метод непосредственной оценки состоит в том, что диапазон изменения какой-либо количественной переменной разбивается на несколько интервалов, каждому из которых присваивается определенная оценка в баллах. Начало шкалы 0 баллов соответствует отсутствию значения критерия, а верхняя граница – это показатель максимальной значительности критерия. Используя подобную шкалу, эксперт должен дать каждому критерию определенное числовое значение в пределах используемой им шкалы. Для определения весовых коэффициентов

балльные оценки нормируются. Затем вычисляются значения весовых коэффициентов ω_i по всем экспертам, ранжируются в порядке убывания веса и определяется ранг каждого критерия R_i .

Обозначим через p_{ij} - балл j -го эксперта ($j = 1, \dots, m$) для i -го свойства ($i = 1, \dots, n$), тогда

$$r_{ij} = \frac{p_{ij}}{\sum_{i=1}^n p_{ij}}, \quad (1)$$

где, $\sum_{i=1}^n p_{ij}$ - сумма баллов выставлена j -м экспертом всем свойствам.

r_{ij} - вес i -го свойства ($i = 1, \dots, n$), присвоенный j -м экспертом.

$$w_i = \frac{r_i}{\sum_{i=1}^m r_i}$$

Отсюда, суммарный вес i -го свойства, получим [Бешелев, Гурвич, 1980].

(2)

Результаты расчетов представлены в (табл. 1).

Таблица 1

Весовые коэффициенты свойств геоизображений (метод непосредственной оценки)

Свойства*	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
$\sum_j r_i$	1,56	1,46	1,03	0,96	0,96	1,18	0,678	0,308	0,57	1,56
R_i	1	2	4	5	6	3	7	10	8	9
ω_i	0,173	0,163	0,113	0,106	0,107	0,131	0,075	0,033	0,063	0,035

* В табл. 1 и далее приведены следующие свойства геоизображений: C1 – пространственно-временное подобие, C2 – содержательное соответствие, C3 – абстрактность и конкретность, C4 – избирательность и синтетичность; C5 – статичность и динамичность, C6 – метричность, C7 – однозначность, C8 – непрерывность, C9 – наглядность, C10 – обзорность.

Дальнейший анализ экспертной оценки связан с установлением степени согласованности суждений экспертной комиссии. Для анализа применен коэффициент конкордации Кендалла, который вычисляется для установления тесноты связи между произвольным числом критериев ранжирования по формуле:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (3)$$

где,

$$S = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m r_{ij} - \frac{m(n+1)}{2} \right)^2,$$

n - количество свойств,

m - количество экспертов,

r_{ij} - ранг i -го свойства, который присвоен j -м экспертом.

Коэффициент конкордации, который характеризует согласованность действий экспертной комиссии, изменяется в пределах от 0 (суждения экспертов полностью противоположные) до 1 (суждения экспертов полностью совпадают). Рассчитанный коэффициент конкордации составляет $W = 0,809$. При $W \geq 0,5$ проверяется гипотеза о не случайности согласованности экспертов по критерию Пирсона:

$$X^2 = m(n-1)W \quad (4)$$

Поскольку рассчитанное значение критерия X^2 составило 65,5, а табличное - 15,5 (для вероятности 0,95 и числа степеней свободы 8), то выдержано необходимое условие

$X^2_{\text{расч.}} > X^2_{\text{табл.}}$, которое означает, что W является значимым с установленной вероятностью.

Значение коэффициента конкордации 0,809 подтверждает наличие значительной тесноты связей между экспертами в группе.

Метод ранжирования наиболее простой и представляет собой распределение экспертами критериев в порядке их предпочтения (возрастания или убывания их значимости). Если имеется n критериев и m экспертов, то в результате ранжирования каждый критерий получает оценку – ранг r_{ij} , приписываемый i -му объекту j -ым экспертом. Результаты ранжирования критериев представляются в виде матрицы рангов:

$j \backslash i$	1	2	...	n
1	r_{11}	r_{21}	...	r_{n1}
2	r_{12}	r_{22}	...	r_{n2}
...	...	...	...	...
m	r_{1m}	r_{2m}	...	r_{nm}

Следующим этапом обработки экспертных оценок ранжирования критериев является определение их весовых коэффициентов. Значение весового коэффициента i -го критерия ω_i рассчитывается согласно формулы [Волкова, Денисов, 2010]:

$$\omega_i = \frac{2(n - R_i + 1)}{n(n+1)} \quad (5)$$

где, R_i – ранг i -го критерия, который определяется по сумме рангов $\sum_j r_{ij}$.

Для экспертной оценки методом ранжирования группе экспертов предложено индивидуально проставить ранги r_{ij} десяти свойствам геоизображений. Значения r_{ij} варьируются в интервале от 1 до n . Ранг самого важного свойства равен 1, а наименее значимого – числу n . Весовые коэффициенты ω_i , полученные в результате ранжирования, позволяют упорядочить свойства по степени возрастания их значимости на геоизображениях (табл. 2).

Таблица 2

Весовые коэффициенты свойств геоизображений (метод ранжирования)

Свойства	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
$\sum_j r_{ij}$	10	24	43	52	50	34	57	64	75	86
R_i	1	2	4	6	5	3	7	8	9	10
ω_i	0,182	0,164	0,127	0,091	0,109	0,146	0,073	0,036	0,049	0,018

Рассчитанный коэффициент конкордации составляет $W = 0,704$. Значение критерия χ^2 составило 57,0, а табличное - 15,5 (для вероятности 0,95 и числа степеней свободы 8), то выдержано необходимое условие $\chi^2_{\text{расч.}} > \chi^2_{\text{табл.}}$, которое означает, что W является значимым с установленной вероятностью.

Достоинством метода ранжирования является его простота, а недостатком – сложность построения ранжированного ряда при большом количестве объектов, поскольку эксперту приходится учитывать множество сложных связей. Поэтому метод ранжирования часто используется вместе с другими методами, например, методом парного сравнения.

Метод анализа иерархий. Содержание и апробация метода анализа иерархий для свойств географических карт подробно рассмотрены в статье [Курач, Олейник, 2013]. Применение метода для экспертной оценки приоритета свойств геоизображений заключается в попарном сравнении этих свойств по специальной 9-балльной шкале, разработанной автором метода Т. Саати [Саати, 1993]. Схема парного сравнения объектов приводит к построению матрицы парных сравнений:

$$A = (a_{ij}) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

Матрица A обратна симметрична, т. е. $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$.

Веса ω_i свойств ($i=1, \dots, n$) являются нормированными значениями компонент собственного вектора матрицы сравнений A , соответствующего наибольшему собственному значению $\lambda_{\max}$ матрицы. Экспертная оценка предусматривает усреднение индивидуальных оценок экспертов. $\bar{\omega}_i$ – средние весовые коэффициенты свойств геоизображений, на основе которых проставлены ранги свойствам геоизображений R_i (табл. 3).

Таблица 3

Весовые коэффициенты свойств геоизображений (МАИ)

Свойства	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
$\sum_j \omega_i$	2,35	1,63	0,83	0,84	0,73	1,15	0,62	0,43	0,27	0,15
$\sum_j r_{ij}$	11	24	45	42	50	40	56	68	72	87
$\bar{\omega}_i$	0,261	0,181	0,092	0,093	0,082	0,128	0,069	0,047	0,030	0,017
R_i	1	2	5	4	6	3	7	8	9	10

Применяя метод анализа иерархий для установления весовых коэффициентов свойств геоизображений необходимо определить качество работы каждого эксперта. Для этого используется индекс согласованности (ИС) и отношение согласованности (ОС). Для каждой матрицы сравнений (9 экспертов) была определена оценка согласованности экспертных суждений, как мера отклонения реальной схемы от идеальной по формуле:

$$ИС = \frac{\lambda_{\max}^* - n}{n - 1} \quad (6)$$

Качество экспертных суждений оценивалось по величине ОС согласно формулы:

$$ОС = \frac{ИС}{ИС_{сл}} \cdot 100\%$$

где, $ИС_{сл}$ – индекс случайной согласованности, который находится по таблице [Сидельников, 2007].

По рекомендации Т.Саати величина ОС приемлема порядка 10% или менее, в некоторых случаях, возможно, допустить 20%, но не более [Сидельников, 2007]. Результаты экспертной оценки, в которых ОС превышает эти пределы, должны быть исключены из дальнейшего исследования. В табл. 4 приведены рассчитанные показатели индекса согласованности (ИС) и отношение согласованности (ОС) каждого эксперта в группе для матрицы $m \times n$ размерностью 9×10 .

Таблица 4

Оценка качества экспертных суждений

Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ИС	0,065	0,080	0,088	0,062	0,026	0,052	0,139	0,093	0,051
ОС %	4,39	5,40	5,89	4,17	1,72	3,47	9,34	6,21	3,40

Значение отношения согласованности (ОС) для всех экспертов в группе не превышает 10% , что означает приемлемость результатов экспертного оценивания.

Для установления согласованности действий экспертной комиссии рассчитан коэффициент конкордации по формуле (3), который составляет $W=0,688$ и значение критерия Пирсона (4) χ^2 составило 55,7. Значение коэффициента конкордации 0,688 подтверждает наличие существенной тесноты связи между экспертами в группе.

Все проведенные выше исследования подразумевали равную компетентность экспертов, однако она различна и оценена коэффициентом компетентности (весом эксперта) k_j , который является нормированной величиной (табл. 5) [Кузнецов, 2003].

Таблица 5

Коэффициенты компетентности экспертов

Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8	9
k_j	0,213	0,154	0,194	0,078	0,042	0,051	0,136	0,084	0,047

Для окончательного расчета весовых коэффициентов свойств геоизображений необходимо ввести поправочный коэффициент компетентности экспертов. Тогда для метода ранжирования и непосредственной оценки r_i будет рассчитываться по формуле:

$$r_i = \sum_{j=1}^m r_{ij} k_j', \quad (8)$$

а для метода парных сравнений поправка вносится в ненормированные весовые коэффициенты. Таким образом, с учетом коэффициента компетентности экспертов получаем окончательные весовые коэффициенты свойств геоизображений рассчитанные по трем методам (табл. 6).

Дальнейший анализ проведенного экспертного исследования заключается в сравнении оценок весовых коэффициентов найденных разными методами.

На графике (рис. 1) показаны отличия в значениях весовых коэффициентов найденных по трем методам: непосредственной оценки, ранжирования и анализа иерархий. Наименьшие расхождения результатов оказались у методов ранжирования и непосредственной оценки, что связано с относительной простотой методов, и в тоже время, их наименьшей точностью. Результаты парного сравнения в большей степени отличаются от двух предыдущих, поскольку сопоставлять между собой свойства в виде матрицы, без соответствующей тренировки сложнее, но метод является более точным, так как сравниваются не все свойства одновременно, а попарно.

Практически совпали оценки по трем методам для седьмого свойства (однозначности). По двум методам (непосредственной оценки и ранжирования) совпали значения для второго (содержательное соответствие), пятого (статичности и динамичности) и восьмого (непрерывность) свойства. По методам (МАИ и ранжирования) совпали оценки для четвертого (выборочность и синтетичность) и десятого (обзорность) свойств. Для метода непосредственной оценки и МАИ только одно совпадение по шестому свойству (метричности). Применение различных методов экспертных оценок для решения одной задачи показало преимущества и недостатки каждого из методов, а усреднение полученных результатов по трем методам повысило качество и объективность экспертных оценок.

Рис. 1. Весовые коэффициенты, рассчитанные по трем методам.

На составной диаграмме размаха (рис. 2) отображены усредненные значения весовых коэффициентов свойств геоизображений по трем методам и диапазоны (статистическое отклонение и ошибка) от этого среднего значения. Наибольшее отклонение от среднего имеет первое свойство (пространственно-временное подобие) и оно же имеет наивысший весовой коэффициент. Наименьшее отклонение у седьмого свойства (однозначности), для остальных свойств характерным есть не существенные отклонения значений от среднего.

Рис. 2. Усредненные весовые коэффициенты по трем методам

со статистическими отклонениями.

Расчет усредненных весовых коэффициентов $\bar{\omega}$ по трем методам экспертного оценивания дал возможность упорядочить свойства геоизображений по их приоритетности (табл. 6).

Таблица 6

Весовые коэффициенты и приоритетность свойств геоизображений
с учетом компетентности экспертов

Свойства	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
ω_i (метод непосредственной оценки)	0,174	0,163	0,114	0,107	0,107	0,131	0,075	0,033	0,063	0,035
ω_i (метод ранжирования)	0,182	0,164	0,127	0,091	0,109	0,146	0,073	0,036	0,055	0,018
ω_i (МАИ)	0,261	0,181	0,092	0,094	0,082	0,128	0,069	0,047	0,030	0,017
$\bar{\omega}$	0,206	0,169	0,111	0,097	0,099	0,135	0,072	0,039	0,049	0,023
Приоритетность свойств	1	2	4	6	5	3	7	9	8	10

Выводы. Результаты экспертной оценки имеют как определенные закономерности, так и индивидуальные особенности присущие каждому из экспертов и каждому методу. Одной из причин различия значений являются условия проведения ранжирования, когда задача состояла в проставлении ранга в строгой последовательности по мере убывания значимости, тогда как МАИ предусматривало равенство свойств, то есть равенство рангов. На результаты, в определенной степени, повлияли условия проведения экспертной оценки, между ранжированием и МАИ был достаточный разрыв во времени, чтобы экспертам было сложнее скорректировать свои оценки. Между тем, явных противоречий в оценке свойств геоизображений не установлено. Обработанные экспертные суждения дают возможность утверждать, что логика мышления экспертов достаточно устойчива, а созданной экспертной комиссии можно доверять. Все применяемые экспертные методы дали достаточно согласованный результат относительно степени приоритетности каждого свойства, поскольку для всех методов применялись соответствующие критерии оценки, которые подтвердили качество экспертных суждений и результаты коллективной экспертизы можно считать значимыми.

Литература:

1. А.М. Берлянт Теория геоизображений. – М.: Геос, 2006. – 262 с.
2. С.Д. Бешелев Экспертные оценки. / С.Д. Бешелев, Гурвич Ф.Г.; – М.: «Наука», 1973. – 163 с.
3. С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: «Статистика», 1980. – 263 с.
4. В.Н. Волкова, А.А.Денисов Теория систем и системный анализ: учебник для вузов. – М.: ИД Юрайт, 2010. – 679 с.
5. Е.С. Кузнецов Управление техническими системами. – М.: МАДИ (ТУ), 2003. – 247 с.

6. Курач, Т.М., Олійник Р.В. Экспертний аналіз ієрархій властивостей карт. // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії : Збірник наукових праць. – Харків: ХНУ ім. В.Н.Каразіна, 2013. – Вип. 18. С. 97-100.
7. Б. Г. Литвак Экспертные технологии в управлении. – М.: Дело, 2004. – 398 с.
8. А.И. Орлов Организационно-экономическое моделирование: учебник: в 3 ч. Ч. 2: Экспертные оценки. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, – 2011. – 486 с.
9. Л.А.Панкова, А.М.Петровский, М.В.Шнейдерман Организация экспертизы и анализ экспертной информации. – М.: «Наука», 1984. – 120 с.
10. Ю.В. Сидельников Системный анализ экспертного прогнозирования. – М., 2007. – 453 с.
11. Т. Саати Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: «Радио и связь», 1993. – 278 с.
12. И.Ф. Шишкин Метрология, стандартизация и управление качеством: Учеб. для вузов / Под ред. акад. Н.С. Соломенко. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 342 с.

ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ КЛИЕНТОСТОРОННИХ ВЕБ-СЕРВИСОВ ГЕООБРАБОТКИ

Е.А. Паниди

*ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный университет
г. Санкт-Петербург, Россия, panidi@yandex.ru*

APPROACHES TO DEVELOPMENT OF CLIENT-SIDE GEOPROCESSING WEB-SERVICES

E.A. Panidi

*Saint-Petersburg State University
Saint-Petersburg, Russia, panidi@yandex.ru*

Abstract. Due to continuous improvement and cheapening of remote sensing technologies the remote sensing methods being increasingly utilized to solve problems of research, monitoring and management of the territories, natural environment, transport and society. Remote sensing data are characterized by significant volumes in general, even compared with other types of spatial data. And improving of the technologies of remote sensing data production leads to more and more significant growth of these volumes. In this context the one of most important tasks of working with remote sensing data is the development of methods for automating of the data processing and analysis, as well as ways of data and processing results storing.

The cloud computing technologies and Web solutions that base on such technologies and implement data access and working with the data in the Web, are used in recent years to solve both of the problems. One of such Web-based solutions are geoportals that aggregate access ways to