

# Методика формирования плана создания открытых цифровых навигационных карт и планов городов на территорию Российской Федерации

## Methods of developing a plan for the establishment of open digital navigation maps and plans of cities on the territory of the Russian Federation

**Ключевые слова:** открытые цифровые навигационные карты – open digital navigation maps, открытые цифровые навигационные планы городов – open digital navigation plans of cities, методика формирования плана создания – methods of developing a plan for the establishment of, метод квалиметрии – method qualimetry.

В статье рассматривается методика формирования плана создания открытых цифровых навигационных карт и планов городов, основанная на методе квалиметрии.

The article considers the methods of developing a plan for the establishment of open digital navigation maps and plans of cities based on the method of qualimetry.

Сущность методики формирования плана создания открытых цифровых навигационных карт (ОЦНК) и открытых цифровых навигационных планов городов (ОЦНПГ) на территорию Российской Федерации состоит в оценке и классификации субъектов Российской Федерации по степени их потребности в ОЦНК и ОЦНПГ для ведения хозяйственной деятельности на их территории и обеспечения жизнедеятельности населения.

Научные правила, которые должны соблюдаться при выполнении оценочных работ определяются методологическими установками. Они призваны обеспечивать выполнение нормативов действующих в той предметной области, для которой осуществляется оценка, в нашем случае в области определения потребности регионов Российской Федерации в ОЦНК и ОЦНПГ.

Методологические установки, заложенные с основу методики, выражены в виде принципов – исходных положений науки или мировоззрения. Они не требуют доказательств, выбираются априорно, исходя из задач решаемых данной наукой.

**ОСИПОВ / OSIPOV G.**

**Георгий Константинович**

(osipov-g-k-2005@yandex.ru)

доктор географических наук, профессор, доцент кафедры картографии Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург

**ПРИСЯЖНЮК / PRISYAZHNIUK A.**

**Андрей Сергеевич**

(pas@itain.spb.ru)

кандидат технических наук, заместитель генерального директора по экономике, ЗАО «Институт телекоммуникаций», Санкт-Петербург

**ОСИПОВ / OSIPOV A.**

**Алексей Георгиевич**

(zoyaks@yandex.ru )

кандидат географических наук, преподаватель кафедры картографии Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург

**СИМОНОВ / SIMONOV J.**

**Юрий Николаевич**

(simonov67@yandex.ru)

ведущий специалист, ЗАО «Институт телекоммуникаций», Санкт-Петербург

Анализ работ, предметной области позволил сформулировать общие принципы, разработки методики формирования плана создания ОЦНК и ОЦНПГ на территорию Российской Федерации, основными из которых являются:

– **принцип системности.** Характеризует то, что при выполнении оценочных работ для изучения потребности субъектов Российской Федерации в ОЦНК и ОЦНПГ должен использоваться системный подход, базирующийся на теории системного анализа сложноорганизованных объектов. Реализация данного подхода обеспечивает рассмотрение каждого

## ГЕОИНФОРМАТИКА

показателя, участвующего в оценке не изолированно, а в виде одного из элементов конкретной системы, характеризующей взаимодействие социально-экономических условий развития региона с информационным развитием общества.

— **принцип субъектно-объектного оценивания.**

Этот принцип является основным элементом оценочных отношений, которые предусматривают, с одной стороны, обязательное выделение субъекта оценки, с позиции которого она производится (в нашем случае субъекта Российской Федерации), а с другой ее объекта как среды, в которой функционирует изучаемый субъект (в нашем случае социально-экономические условия и информационная обеспеченность). Если объект оценки и его составные части однозначны, то субъекты оценки множественны. Эта множественность создается не только многообразием субъектов Российской Федерации, но и безграничной возможностью их конкретизации.

При оценке потребности субъектов Российской Федерации в ОЦНК и ОЦНПГ принцип субъектно-объектного оценивания реализуется путем проведения двух взаимодополняющих видов исследований: инвентаризационных и аналитических. Первые дают возможность определить проявление изучаемых факторов и процессов в пределах субъекта Российской Федерации, а вторые — позволяют оценить влияние рассматриваемого фактора на потребность субъекта в ОЦНК и ОЦНПГ. При этом в основу аналитических исследований закладывается многокритериальный подход, обеспечивающий при оценке субъекта Российской Федерации дифференцированный учет значимости анализируемых факторов и процессов с точки зрения его потребности в ОЦНК и ОЦНПГ.

— **принцип учета приоритетности факторов, участвующих в оценке.** При оценке должна учитываться степень влияния каждого фактора на потребность субъекта в ОЦНК и ОЦНПГ, т.е. должно быть выполнено ранжирование факторов по важности.

— **принцип континуальности.** Оценивается должна вся территория Российской Федерации без исключения.

— **принцип единства оценки.** Оценка в пределах всей изучаемой территории должна производиться по одним и тем же показателям (их виду и числу), имеющим единые квалиметрические шкалы (оценочные градации).

— **принцип эмерджентности.** Оценка должна производиться не по отдельным факторам, а по их совокупности, свойственной изучаемому субъекту, что обеспечит учет свойств характерных не только отдельным факторам, но и субъекту Российской Федерации в целом.

— **принцип сомасштабности.** При оценке должно быть обеспечено соответствие между пространственной дискретизацией ее результатов и площадью исследуемого объекта. Данный принцип позволяет соблюсти одинаковую детальность оценки в пределах всей Российской Федерации.

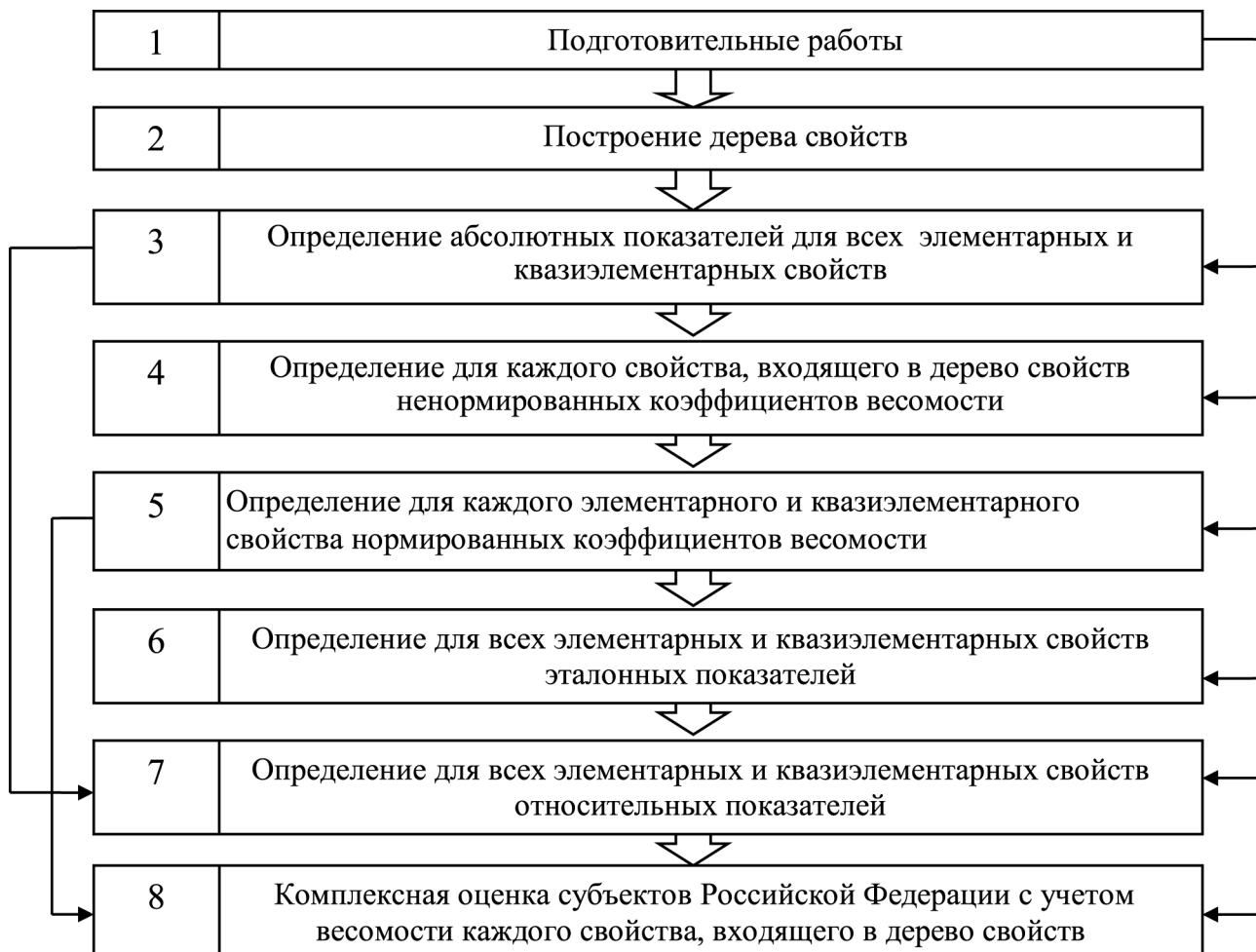
В основу методики формирования плана создания ОЦНК и ОЦНПГ на территорию Российской Федерации заложен метод квалиметрического анализа, позволяющий в условиях информационного дефицита осуществлять свертку информации, характеризующей изучаемые объекты и производить их ранжирование.

Квалиметрия это научная дисциплина, изучающая методологические, методические и практические вопросы оценки качества. Она начала развиваться в конце 60-х годов прошлого столетия [1, 2, 3]. Квалиметрический анализ применяется в тех случаях, когда в короткие сроки в условиях дефицита информации необходимо оценить качество какого либо объекта. Основными принципами квалиметрического анализа являются:

— качество продукта в квалиметрии рассматривается как иерархическая совокупность его свойств, причем таких, которые представляют интерес для потребителя этого продукта. Следовательно, исходя из специфики, выполняемого нами исследования, очередность создания ОЦНК и ОЦНПГ для субъектов Российской Федерации, может быть определена совокупностью факторов характеризующих, с одной стороны, обеспеченность субъекта средствами и информационными технологиями, необходимыми для создания и использования ОЦНК и ОЦНПГ, а с другой, его потребность в навигационной информации. Эта совокупность может быть представлена в виде иерархической структуры, так называемого «дерева свойств», в котором свойства вышестоящих уровней связаны со свойствами нижестоящих уровней, являющихся первичными. Самый нижний нулевой уровень этого дерева представляет собой комплексное свойство, характеризующее очередьность создания ОЦНК и ОЦНПГ для оцениваемых субъектов;

— разбиение свойств производится до тех пор, пока не образуется уровень, содержащий либо элементарные свойства, которые нельзя дальше делить, либо квазиэлементарные свойства которые делить уже нецелесообразно;

— элементарные и квазиэлементарные свойства, выражаются через абсолютные показатели. В том случае, если показатель может быть измерен, ему присваивается количественное значение, а если нет, качественное — в виде балла. Однако абсолютные показатели ничего не говорят о каче-



**Рис. 1.** Структурная схема методики формирования плана создания ОЦНК и ОЦНПГ на территорию Российской Федерации

стве элементарных и квазиэлементарных свойств с точки зрения субъекта оценки, поэтому после определения абсолютных показателей рассчитываются относительные показатели;

— качество рассматривается с точки зрения усредненных требований субъекта оценки к ее объекту;

— на всех уровнях, в пределах каждой из ветвей «дерева свойств», с помощью экспертных методов определяются ненормированные коэффициенты весомости (важности) свойств. После чего для каждого элементарного и квазиэлементарного свойства рассчитывается нормированный коэффициент его весомости (важности), который учитывает важность всех свойств иерархически с ним связанных;

— качество характеризуется в баллах, полученных путем суммирования произведений нормированных коэффициентов весомости (важности) каждого элементарного и квазиэлементарного свойства на относительные значения их показателей.

Структурная схема методики формирования плана создания ОЦНК и ОЦНПГ на территорию Российской Федерации представлена на рисунке 1. Кратко охарактеризуем особенности ее реализации.

На *подготовительном этапе* определяется перечень свойств, влияющих на потребность изучаемого субъекта Российской Федерации в ОЦНК и ОЦНПГ и их показателей.

На *втором этапе* строится «дерево свойств». В основу его построения закладываются следующие принципы:

— деление в пределах каждой отдельной группы должно выполняться по единому признаку, т.е. по равному основанию;

— каждое комплексное свойство должно быть разделено на ближайшем вышестоящем уровне на такие свойства, число и характер которых соответствуют требованиям необходимости и достаточности;

# ГЕОИНФОРМАТИКА

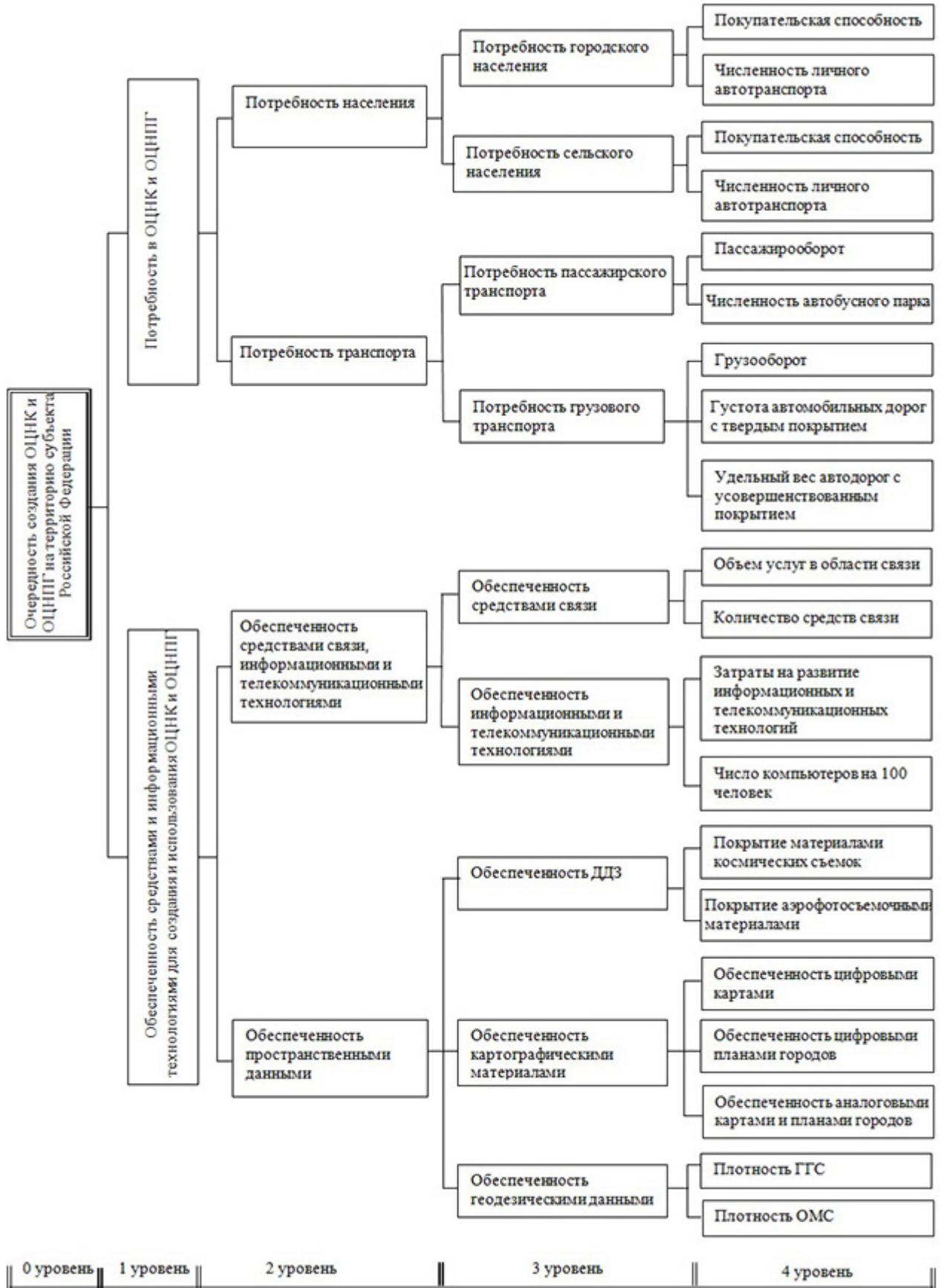


Рис. 2. Дерево свойств, построенное для определения очередности создания ОtsNIK и OtsNPG на территории субъектов Российской Федерации

– деление в пределах каждой отдельной группы должно выполняться по единому признаку, т.е. по равному основанию;

– каждое комплексное свойство должно быть разделено на ближайшем вышестоящем уровне на такие свойства, число и характер которых соответствуют требованиям необходимости и достаточности;

– в пределах группы не могут одновременно находиться родовые и видовые свойства;

– количество уровней в дереве свойств должно быть таким, чтобы в каждой группе находилось минимальное количество свойств (в идеале два);

– разбиение свойств должно быть продолжено до тех пор, пока не будет, достигнут, самый высокий уровень, на котором находятся элементарные и квазиэлементарные свойства.

Дерево свойств, построенное для определения очередности создания ОЦНК и ОЦНПГ на территории субъектов Российской Федерации, приведено на рисунке 2.

На *третьем этапе* для всех показателей, характеризующих элементарные и квазиэлементарные свойства, определяются их абсолютные значения. В том случае, если показатель поддается методам измерений, его значения выражают, в каких-либо физических единицах, а в противном случае в баллах, для определения которых могут быть использованы экспертные методы.

На *четвертом этапе* для каждого свойства, участвующего в квалиметрическом анализе экспертным путем определяются ненормированные коэффициенты весомости (важности).

Кратко рассмотрим основные особенности их определения. Работы начинаются с формирования рабочей группы основными функциями, которой являются:

- определение цели, задач экспертизы и ее основных этапов;
- разработка процедуры экспертизы;
- подготовка научно-методического обеспечения;
- отбор экспертов, проверка их компетентности и окончательное формирование экспертной группы;

- проведение опроса и согласование оценок;
- формализация полученной информации, ее обработка, анализ и интерпретация.

Научно-методическое обеспечение экспертного опроса, включает в себя разработку формализованных анкет и руководства по их заполнению. Анкета представляет собой структурированный набор вопросов, каждый из которых логически связан с центральной задачей экспертизы. Формулировка вопросов должна быть четкой, исключающей всякую возможность двусмысленного толкования.

В процессе формирования экспертной группы решаются три основные задачи:

- определяется количество экспертов;
- составляется их список;
- согласовывается с экспертами их участие в экспертизе. Оптимальное количество экспертов в зависимости от сложности экспертизы составляет 5-8 человек.

Перед экспертным опросом рабочая группа знакомит экспертов с целью проведения экспертизы и разработанными анкетами. После чего проводится экспертный опрос, в ходе которого эксперты вырабатывают независимые суждения по анализируемой проблеме и по улучшению содержания анкет. После окончания экспертного опроса рабочая группа собирает заполненные анкеты и обрабатывает их. В процессе обработки определяется согласованность мнений экспертов. Затем для всех изучаемых свойств рассчитывают средние ненормированные значения коэффициентов весомости (важности).

Для проведения экспертного опроса целесообразно использовать метод парных сравнений. Его выбор обусловлен простотой проведения экспертизы и хорошими результатами экспертного анализа. При реализации данного метода экспертам последовательно предъявляются пары альтернатив, в каждой из которых предлагается выбрать более предпочтительное решение. В результате чего формируется матрица парных сравнений, представленная на рисунке 3. Затем с использованием зависимостей 1-4 по строкам определяются компоненты ее

	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
$a_1$	$w_1/w_1$	$w_1/w_2$	$w_1/w_3$	$w_1/w_4$
$a_2$	$w_2/w_1$	$w_2/w_2$	$w_2/w_3$	$w_2/w_4$
$a_3$	$w_3/w_1$	$w_3/w_2$	$w_3/w_3$	$w_3/w_4$
$a_4$	$w_4/w_1$	$w_4/w_2$	$w_4/w_3$	$w_4/w_4$

Рис. 3. Матрица парных сравнений

Таблица 1

## Средние согласованности для случайных матриц

Размер матрицы	Случайная согласованность ( $Z$ )
1	0
2	0
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49

собственного вектора. После чего с использованием зависимостей 5-7 рассчитываются ненормированные векторы приоритета.

$$\sqrt[4]{(w_1/w_1) \times (w_1/w_2) \times (w_1/w_3) \times (w_1/w_4)} = a \quad (1)$$

$$\sqrt[4]{(w_2/w_1) \times (w_2/w_2) \times (w_2/w_3) \times (w_2/w_4)} = b \quad (2)$$

$$\sqrt[4]{(w_3/w_1) \times (w_3/w_2) \times (w_3/w_3) \times (w_3/w_4)} = c \quad (3)$$

$$\sqrt[4]{(w_4/w_1) \times (w_4/w_2) \times (w_4/w_3) \times (w_4/w_4)} = d \quad (4)$$

$$S = a + b + c + d \quad (5)$$

$$P_1 = a / S; \quad P_2 = b / S; \quad (6)$$

$$P_3 = c / S; \quad P_4 = d / S; \quad (7)$$

где:  $P_1, \dots, P_4$  – ненормированные векторы приоритета (коэффициенты весомости).

После расчета ненормированных векторов приоритета определяется согласованность мнений экспертов по зависимостям:

$$F_1 = (w_1/w_1) + (w_2/w_1) + (w_3/w_1) + (w_4/w_1), \quad (8)$$

$$F_2 = (w_1/w_2) + (w_2/w_2) + (w_3/w_2) + (w_4/w_2), \quad (9)$$

$$F_3 = (w_1/w_3) + (w_2/w_3) + (w_3/w_3) + (w_4/w_3), \quad (10)$$

$$F_4 = (w_1/w_4) + (w_2/w_4) + (w_3/w_4) + (w_4/w_4). \quad (11)$$

$$\lambda_{max} = F_1 \times P_1 + F_2 \times P_2 + F_3 \times P_3 + F_4 \times P_4, \quad (12)$$

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1); \quad OC = IC / Z, \quad (13)$$

где:  $IC$  – индекс согласованности мнений экспертов;  $OC$  – относительная согласованность мнений экспертов;  $Z$  – случайная согласованность;  $n$  – число сравниваемых показателей.

Для определения значения случайной согласованности используются данные таблицы 1. Величина относительной согласованности мнений экспертов считается приемлемой, если она находится в интервале от 0 до 10%. В противном случае экспертом необходимо пересмотреть свои суждения.

В простейшем варианте для расчета весовых коэффициентов может быть использована следующая зависимость:

$$\bar{P}_j = K(\sum P'_{ji} / \sum \sum P'_{ji}), \quad (14)$$

где:  $\bar{P}_j$  – средний ненормированный коэффициент весомости (важности)  $j$ -го свойства;  $P'_{ji}$  – вес, присвоенный  $j$ -му свойству  $i$ -ым экспертом;  $K$  – коэффициент (нормирующий множитель), приводящий значение  $\bar{P}_j$  в удобный для пользователя интервал.

Сумма ненормированных коэффициентов весомости для каждой ветви дерева свойств в пределах одного уровня должна быть равна единице, следовательно, каждый коэффициент весомости должен иметь значение, находящееся в интервале от 0 до 1.

На *пятом этапе* для каждого элементарного и квазиэлементарного свойства рассчитывают нормированный коэффициент весомости (важности). Для их определения используют следующую зависимость:

$$P_j = \bar{P}_{j1} \times \dots \times \bar{P}_{jn}, \quad (15)$$

где:  $P_j$  – нормированный коэффициент весомости (важности)  $j$ -го элементарного (квазиэлементарного) свойства;  $\bar{P}_{j1}, \bar{P}_{jn}$  – средние ненормированные коэффициенты весомости (важности) 1-го и  $n$ -го уровней «дерева свойств» иерархически связанных в пределах одной ветви с  $j$ -м элементарным (квазиэлементарным) свойством;  $n$  – количество уровней в дереве свойств.

Согласно приведенной зависимости нормированный коэффициент весомости (важности) элементарного (квазиэлементарного) свойства  $P_j$  рассчитывается путем перемножения средних ненормированных коэффициентов весомости отдельных свойств  $\bar{P}_{j1} \dots \bar{P}_{jn}$  иерархически связанных друг с другом на дереве свойств. Для наглядности значения средних ненормированных и нормированных коэффициентов весомости (важности) наносят на дерево свойств.

На *шестом этапе* для всех элементарных и квазиэлементарных свойств определяются эталонные значения их абсолютных показателей. Для этого привлекаются научно – методические и нормативные материалы, посвященные изучаемой проблеме. В качестве эталонных значений абсолютных показателей принимаются лучшие значения показателей для субъектов Российской Федерации.

На *седьмом этапе* для всех элементарных и квазиэлементарных свойств определяются относительные значения их показателей.

Для их определения используются следующие зависимости:

$$R_{pj} = w_{pj} / w_{j\text{эт}} \text{ при } w_{jk} < w_{j\text{эт}};$$

$$R_{pj} = w_{j\text{эт}} / w_{pj} \text{ при } w_{pj} > w_{j\text{эт}}, \quad (16; 17)$$

где:  $R_{pj}$  – относительное значение показателя характеризующего  $j$ -ое элементарное (квазиэлементарное) свойство  $p$ -го объекта;  $w_{pj}$  – абсолютное значение показателя характеризующего  $j$ -ое элементарное (квазиэлементарное) свойство  $p$ -го объекта;  $w_{j\text{эт}}$  – эталонное абсолютное значение показателя характеризующего  $j$ -ое элементарное (квазиэлементарное) свойство;  $R_{pj}$  – меняется в пределах от 0 до 1 ( $0 < R_{pj} < 1$ ).

Для получения более точных относительных значений показателей, характеризующих элементарные и квазиэлементарные свойства, приведенные выше линейные зависимости, следует заменить нелинейными.

На *восьмом этапе* определяется значение сводного показателя, характеризующего очередности создания ОЦНК и ОЦНПГ на территории субъектов Российской Федерации, для получения, которого используется следующая зависимость:

$$K_p^0 = \sum R_{pj} P_j, \quad (18)$$

где:  $K_p^0$  – сводный показатель, характеризующий  $p$ -й субъект Российской Федерации.

Индекс «0» при показателе  $K_p^0$  означает, что оценка дается применительно к самому низкому (нулевому) уровню в иерархии свойств, характеризующему потребность изучаемого субъекта Российской Федерации в ОЦНК и ОЦНПГ в целом. Из сравниваемых субъектов Российской Федерации наиболее высокая потребность в ОЦНК и ОЦНПГ будет у того субъекта, у которого показатель  $K_p^0$  будет иметь самое большое значение. При этом соотношение оценок будет точно отражать действительность только в том случае, когда оценка субъектов производится по полному дереву свойств, без исключения из него свойств одинаковых в сравниваемых субъектах.

#### Литература

1. Азгальев Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров. – М.: Экономика, 1982. – 135 с.
2. Арефьев Н.В. Основы формирования природно-аграрных систем. Теория и практика / Н.В. Арефьев, В.П. Бреусов, Г.К. Осипов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 533 с.
3. Осипов А.Г. Многокритериальная оценка земельных ресурсов на основе квадратичного анализа // Региональная экология – 2003. – № 1-2. – С. 31 – 39.