

УДК 528.92:004

## ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕРАЛИЗАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КАРТ

*Дмитрий Витальевич Лисицкий*

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор, директор НИИ стратегического развития СГГА, тел. (383)344-35-62, e-mail: [dllis@ssga.ru](mailto:dllis@ssga.ru)

*Петр Юрьевич Бугаков*

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных систем, тел. (383)343-18-53, e-mail: [peter-bugakov@yandex.ru](mailto:peter-bugakov@yandex.ru)

Раскрыты основные особенности генерализации перспективных карт, выявлены факторы, осложняющие ее выполнение. Предложены некоторые методические решения выполнения генерализации перспективных карт.

**Ключевые слова:** генерализация, перспективная карта, мультимасштабность, локализация объектов.

## FEATURES OF PROSPECTIVE MAPS GENERALIZATION

*Dmitry V. Lisitsky*

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Professor, CEO of the Institute of Strategic Development, tel. (383)344-35-62, e-mail: [dllis@ssga.ru](mailto:dllis@ssga.ru)

*Petr Yu. Bugakov*

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., senior lecturer, department of Applied Informatics and Information Systems, tel. (383)343-18-53, e-mail: [peter-bugakov@yandex.ru](mailto:peter-bugakov@yandex.ru)

Main features of prospective maps generalization are described and the factors that complicate its implementation are identified. Some methodological solutions of prospective maps generalization are offered.

**Key words:** generalization, prospective maps, multiscale, object localization.

Генерализация является одним из ключевых и важнейших процессов картографии. Для традиционных карт, составляемых в ортогональной проекции, теория и методы генерализации отработаны в достаточно полной мере. Однако для карт, создаваемых в перспективной проекции, вопросы генерализации проработаны еще недостаточно и требуют дополнительного рассмотрения.

Для понимания сущности генерализации перспективных карт рассмотрим особенности формирования у человека зрительного образа объектов реальной местности при ее непосредственном наблюдении и при восприятии местности с помощью перспективной карты.

В первом случае представим, что человек рассматривает объект реального мира, например, город с крыши небоскреба. При этом образ, воспринимаемый человеком, формируется под воздействием двух факторов: оптической среды и зрительно-мозговых процессов восприятия. Влияние оптической среды обуславливается атмосферными характеристиками (дымка, туман, взвеси) и физическими законами распространения света (рассеяние, преломление). Влияние данного фактора заключается в потере или обобщении части информации об объектах в связи с ухудшением их визуального распознавания. Степень влияния данного фактора повышается с увеличением расстояния между наблюдателем и объектом. Так, вследствие некоторых природных особенностей происходит дистанционная генерализация [1] изображения объекта местности, фиксируемого сетчаткой глаза.

Зрительно-мозговые процессы также вносят свои коррективы в конечный образ, формируемый у человека. Особенности зрительного восприятия пространства подробно рассмотрены в работах [2,3,4]. Под влиянием этих двух факторов пространственная информация воспринимается человеком в искаженном виде. С увеличением расстояния человек перестает различать мелкие фрагменты объекта, контуры становятся нечеткими, в некоторой степени обобщенные. В связи с изменением степени ясности и отчетливости пространственной информации внимание человека концентрируется на больших, примечательных объектах.

Таким образом, можно считать, что при формировании у человека зрительного образа реальной местности происходит его естественная генерализация (рис. 1).

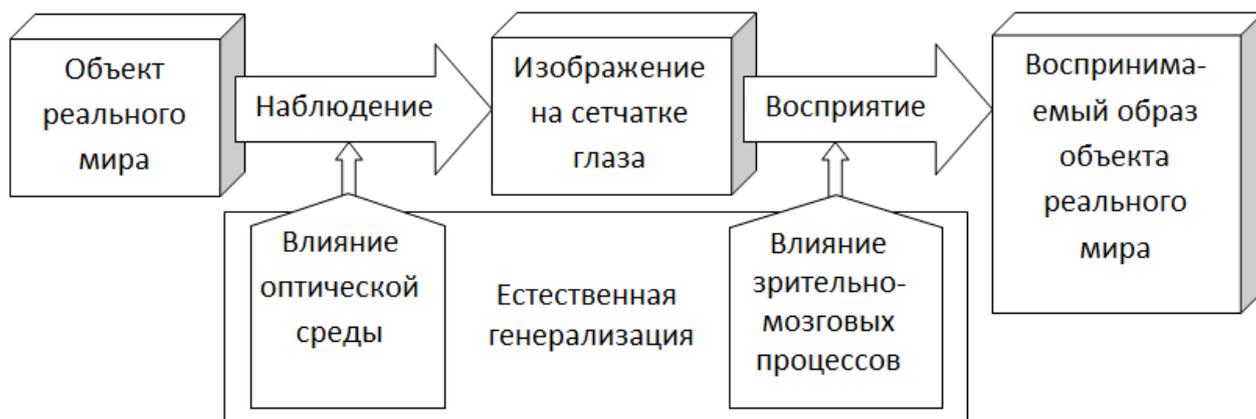


Рис. 1. Общая схема формирования зрительного образа реальной местности

Иначе происходит формирование зрительного образа реальной местности по перспективной карте. В этом случае человек получает пространственную информацию, рассматривая перспективную карту с небольшого расстояния. Поэтому влияние оптической среды здесь незначительно. Естественное влияние на воспринимаемый образ оказывают только зрительно-мозговые процессы. Однако, как и в традиционной

картографии, процесс создания перспективной карты включает в себя генерализацию в соответствии с правилами картографии (рис. 2). Такая генерализация выполняется с участием человека, и поэтому является искусственной.

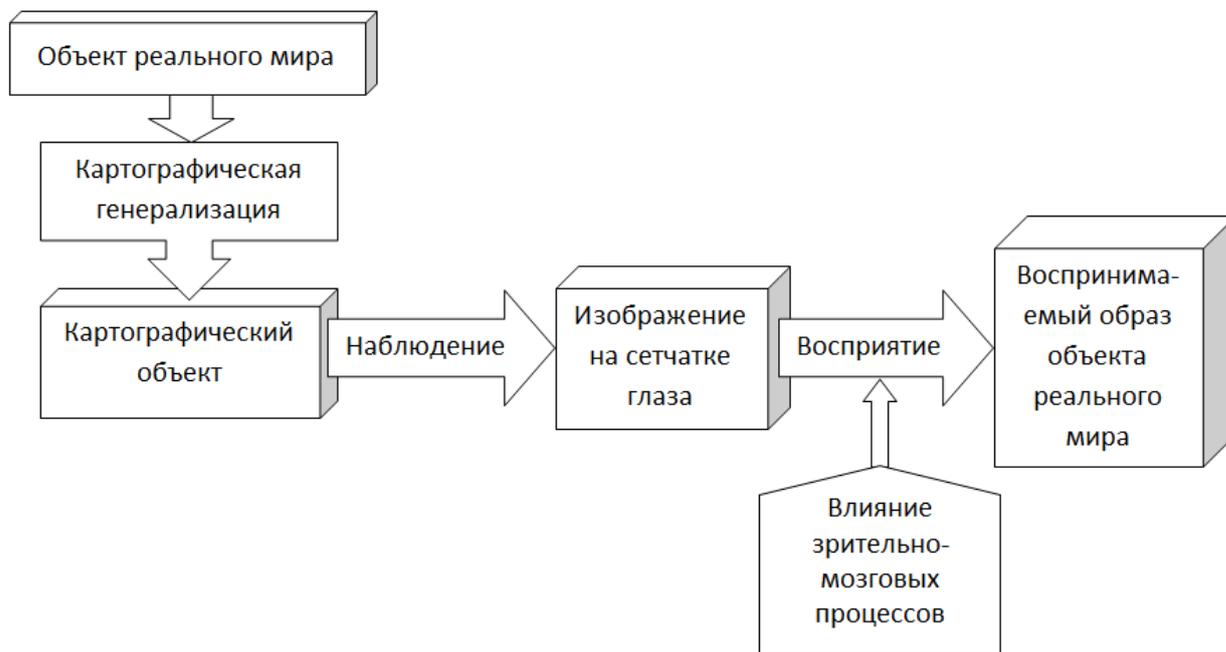


Рис. 2. Общая схема формирования зрительного образа объектов местности по перспективной карте

При создании перспективных карт генерализация выполняется на этапе формирования трехмерной цифровой картографической модели местности [5]. Генерализация позволяет выделить главное содержание карты, уменьшить ее информационную загроуженность деталями и включает в себя [6,7]:

- пространственную локализацию объектов трехмерной модели местности;
- отбор объектов для перспективной визуализации;
- обобщение качественных и количественных характеристик трехмерных моделей (типизация);
- геометрическое и структурное обобщение трехмерных моделей (уменьшение детализации);
- утрирование или показ объектов с преувеличением;
- образно-знаковое моделирование.

Также значительное влияние на получаемую перспективную карту оказывает процесс визуализации: заранее подготовленная картографическая трехмерная модель местности проходит математическую обработку, которая обеспечивает проецирование виртуальных трехмерных объектов на плоскость. При визуализации трехмерных картографических моделей происходит искусственное моделирование некоторых природных процессов

и явлений. Так современные программные средства визуализации используют сложные математические модели, описывающие распространение света с учетом влияния атмосферы и окружающих объектов, что обеспечивает построение фотореалистичных перспективных изображений. Таким образом, визуализация обеспечивает имитацию дистанционной генерализации в виртуальной среде.

Визуализация является одним из наиболее ресурсоемких процессов. Построение перспективной проекции с учетом всех особенностей картографической трехмерной модели местности и виртуальной окружающей среды требует значительных вычислительных ресурсов и временных затрат. При этом ресурсы затрачиваются на визуализацию всех объектов, включая те, которые окажутся визуально неразличимыми на итоговой перспективной карте.

Рассмотрев процесс формирования зрительного образа объектов местности, можно сделать вывод, что генерализация исходных трехмерных моделей позволяет выделить главные элементы местности, избежать информационной перегрузки перспективных карт, сокращает количество вычислительных операций при их визуализации, а также оказывает существенное влияние на восприятие человеком пространственной информации.

Задача генерализации перспективных карт осложняется их мультимасштабностью. Перспективная проекция по своей сути предполагает, что различные точки проецируемого пространства будут находиться на различном удалении от центра проекции. Исключение составляют точки, лежащие на поверхности мнимой сферы, центр которой расположен в точке наблюдения.

Некоторые аспекты генерализации перспективных карт уже рассматривались в работах [5,6,7,8,9], предлагались способы ее выполнения. Однако представленные решения являются приближенными, не учитывают всех особенностей перспективных карт и сводятся к выбору уровня детализации и качества текстур объектов карты для нескольких планов создаваемой перспективной карты (переднего, среднего, дальнего и т.п.).

Для более корректного решения задачи генерализации перспективных карт необходимо учитывать то, что разные линейные и полигональные элементы перспективной карты представлены в различных масштабах. Особый интерес с точки зрения генерализации представляют объекты вытянутой или сложной формы, особенно если они ориентированы вдоль линии наблюдения (то есть по направлению от наблюдателя). Например, дорога, проходящая вдоль линии наблюдения, может быть изображена детализированной трехмерной моделью на переднем плане, плоским площадным объектом на среднем плане и линейным условным знаком на дальнем плане перспективной карты. Для решения данной задачи требуется разработка ряда методических решений по выполнению генерализации трехмерных моделей при визуализации перспективных карт.

Первое методическое решение заключается в определении масштабов элементов перспективной карты для выполнения ее генерализации. Перспективная карта по своей природе является мультимасштабной и расчет масштаба в каждой ее точке (бесконечно малого отрезка прямой) может потребовать от компьютера значительной вычислительной мощности. Поэтому нами предлагается три варианта решения поставленной задачи:

1. определять единый масштаб для выполнения генерализации путем усреднения масштабов крайних объектов на переднем и заднем планах перспективной карты;

2. разделять трехмерную модель, лежащую в основе перспективной карты на зоны с условно одинаковым значением масштаба, образованных поверхностями сфер с центром в точке наблюдения (рис. 3);

3. высчитывать усредненный масштаб для каждого объекта перспективной карты.

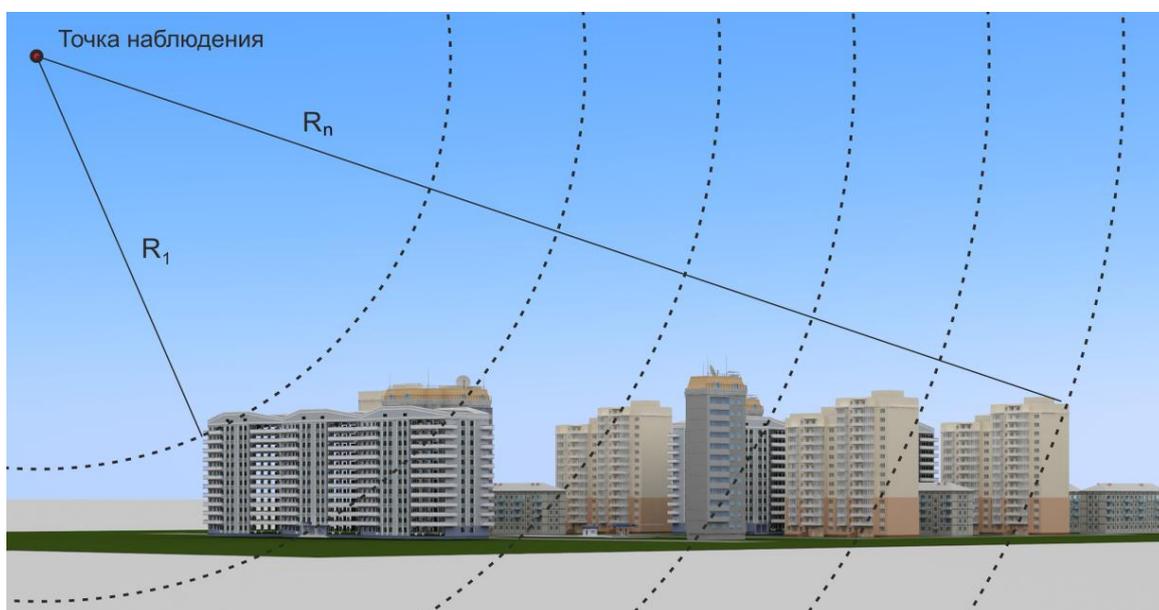


Рис. 3. Построение зон условно одинаковых масштабов

Второе методическое решение заключается в выполнении анализа объектов трехмерной цифровой картографической модели, лежащей в основе перспективной карты, с учетом размера, формы и нормативных показателей, соответствующих заданному масштабу, а также разделении всех объектов на группы в зависимости от их пространственной локализации. В работе [10] в трехмерном картографировании выделяется четыре типа пространственной локализации объектов: нульмерные (или точки); одномерные (или линии); двумерные (или поверхности); трехмерные (или тела). Отнесение объекта к тому или иному типу локализации обусловлено соотношением между реальными и нормативными значениями геометрических параметров объектов [10]. При этом могут использоваться такие геометрические параметры, как объем, площадь горизонтальной и вертикальной проекции,

длина (или протяженность) объекта (табл. 1). Нормативные значения выбранных параметров устанавливаются в зависимости от масштаба объекта (или его структурной части), а также от его значимости.

Для определения пространственной локализации объекта нами предлагается строить его ортогональные проекции в трех плоскостях, образованных осями трехмерной системы координат: горизонтальной (ХОУ) и двумя вертикальными (ХОZ, YOZ).

Таблица 1

Связь параметров объекта и его пространственной локализации

Виды локализаций	Параметры объекта	Объем	Площадь проекций	Длина
Нульмерные (точки)		-	-	-
Одномерные (линейные объекты)		-	-	+
Двухмерные (площадные объекты)		-	+	+
Трехмерные (тела)		+	+	+

Для определения пространственной локализации объекта нами предлагается строить его ортогональные проекции в трех плоскостях, образованных осями трехмерной системы координат: горизонтальной (ХОУ) и двумя вертикальными (ХОZ, YOZ). При построении проекций в двух вертикальных плоскостях, расположенных перпендикулярно друг к другу, появляется возможность определять не только локализацию объектов, но и оценивать их геометрическую сложность и положение относительно горизонтальной плоскости. Следует также учесть, что в некоторых случаях по вертикальной и горизонтальной проекции невозможно правильно определить пространственную локализацию объекта. Например, наклонный навес, выполненный из листового металла, на горизонтальной и вертикальных проекции может иметь вид площадного объекта, что характерно для трехмерной локализации. В этом случае локализация уточняется по значению объема объекта. Если реальный объем объекта больше нормативного значения для данного масштаба, то он считается телом, иначе поверхностью.

Рассмотрим критерии пространственной локализации объектов на основе соотношения реальных значений объема, площади горизонтальной и вертикальных проекций, длины объекта и их нормативных значений. Введем следующие обозначения:

$V$  – объем объекта;

$S_{хоу}$  – площадь горизонтальной проекции;

$S_{хоz}, S_{yoз}$  – площадь проекций в вертикальных плоскостях ХОZ и YOZ;

$D_{хоу}$  – длина горизонтальной проекции;

$D_{хоz}, D_{yoз}$  – длина проекций в вертикальных плоскостях ХОZ и YOZ;

$V_n$  – нормативное значение объема объекта;

$(S_{xoy})_n$  – нормативное значение площади горизонтальной проекции;

$(S_{xoz})_n, (S_{yoz})_n$  – нормативное значение площади вертикальных проекций;

$(D_{xoy})_n$  – нормативное значение длины горизонтальной проекции;

$(D_{xoz})_n, (D_{yoz})_n$  – нормативное значение длины вертикальных проекций.

Таким образом, определение пространственной локализации объектов трехмерной цифровой картографической модели можно быть выполнено по предлагаемой нами блок-схеме (рис. 4).

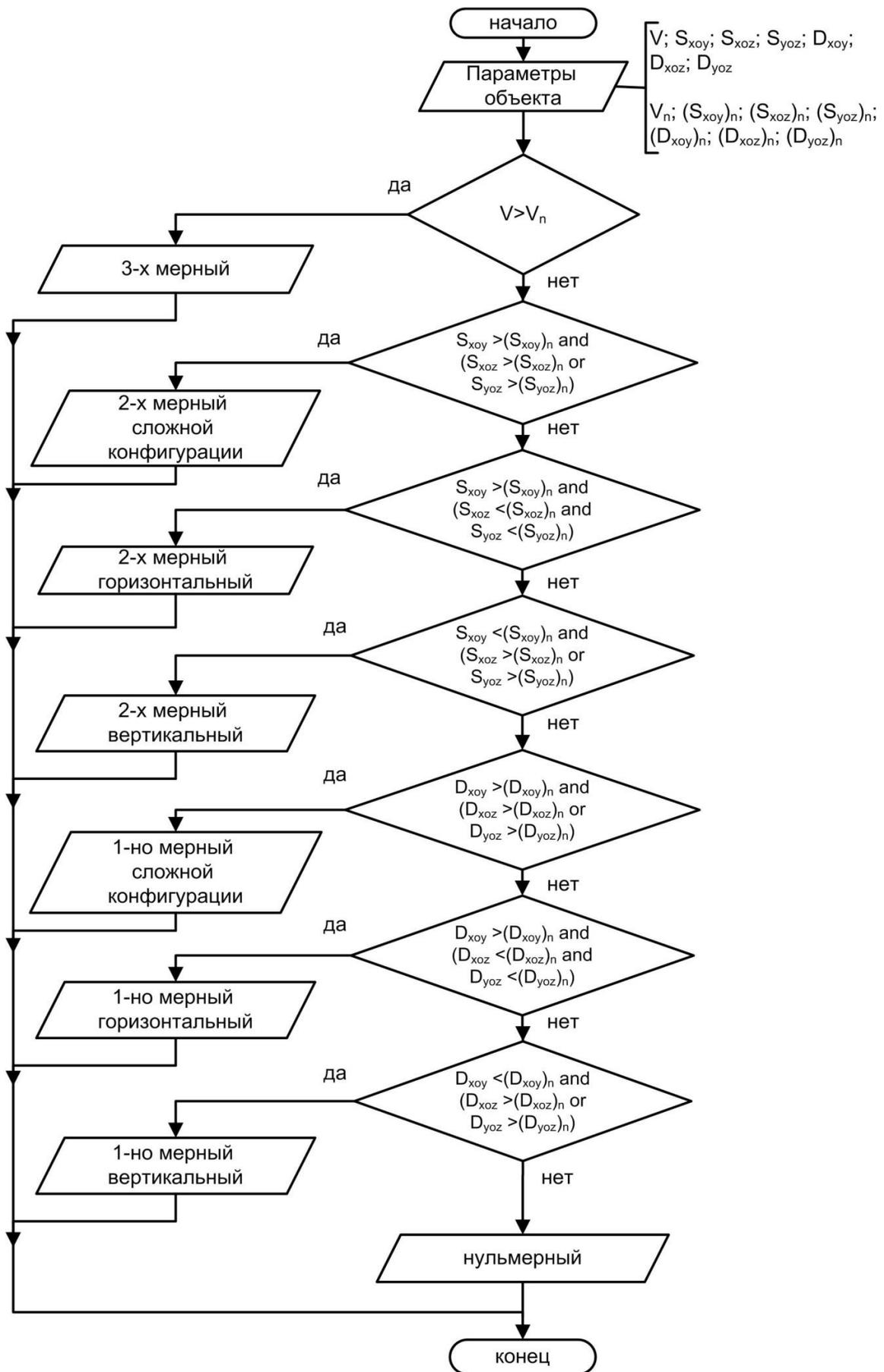


Рис. 4. Блок-схема определения пространственной локализации объектов

В заключение можно отметить, что предложенные методические решения охватывают лишь некоторые этапы генерализации трехмерных цифровых картографических моделей местности, используемых для создания перспективных карт. Дальнейшая научная деятельность в этом направлении предполагает разработку ряда научно-методических подходов и решений в области:

- отбора объектов для перспективной визуализации по степени их значимости;
- обобщения качественных и количественных характеристик трехмерных моделей (типизация);
- геометрического и структурного обобщения трехмерных моделей (уменьшение детализации);
- утрирования объектов;
- образно-знакового моделирования.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Раушенбах Б. В. Системы перспективы в изобразительном искусстве. Общая теория перспективы. – М.: Наука, 1986. – 256 с.
2. Зенкин, Г. М., Петров А. П. О механизмах константности зрительного восприятия пространства // Сенсорные системы. Механизмы зрения. – Л.: Наука, 1979. – С. 25–39.
3. Евтеев В. И., Зметный А. Я., Новиков И. В. Построение перспективного рисунка. – Л.: Учпедгиз, 1963. – 199 с.
4. Геоинформатика. Толковый словарь терминов / Под ред. А. М. Берлянта, А. В. Кошкарева. – М.: ГИС-Ассоциация, 1999. – 204 с.
5. Бугаков П. Ю. Общая схема технологии создания перспективных электронных карт // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 2. – С. 141–131.
6. Лисицкий Д. В., Хорошилов В. С., Бугаков П. Ю. Картографическое отображение трехмерных моделей местности // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 98–102.
7. Бугаков П. Ю. Принципы картографического отображения трехмерных моделей местности // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 3. – С. 156–161.
8. Pasewaldt S., Trapp M., Döllner J. (2011) Multiscale Visualization of 3D Geovirtual Environments Using View-Dependent Multi-Perspective Views. Journal of WSCG, vol. 19, no. 3, pp. 111-118.
9. Patent 2008/0198158 A1 United States, G06T 15/20. 3D map display method and display program / M. Vesely, N. Clemens; Hitachi, Ltd. - №005310; Filed Dec. 27, 2007; Pub. Date Aug. 21, 2008.
10. Лисицкий Д. В., Ань Тай Нгуен. Пространственная локализация и правила цифрового описания объектов в трехмерном картографировании // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 190–193.