

УДК 332. 3:528.574

ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ФОТОМОНИТОРИНГ И ГРАДИЕНТНО- СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГЕОМЕТРИЗАЦИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯМИ ТЕРРИТОРИЯМИ

Татаринич Б. А.

Анализируется возможность получения космических фотоснимков из компьютерной сети, методика их проверки, способ и метод съёмки участков местности, разработанными в работе вычислительными расчетами приводятся градиентно-статистическая метод для моделирования технико-экономических показателей для нелинейной и дискретной задач оптимизации.

Ключевые слова: космические снимки, спутниковые измерения, наземные одиночные и множественные цифровые снимки, пространственное моделирование.

ВСТУПЛЕНИЕ

Основной задачей сегодняшнего дня для эффективного решения различных задач по сбору и занесения данных в геоинформационные базы данных, является применение современных методов получения и автоматизированной обработки материалов дистанционного зондирования, лазерного сканирования, фотограмметрии и других видов автосъёмки [1].

ИСХОДНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

На данный момент в технологиях получения картографических данных появились как положительные, так и отрицательные предпосылки. Так, к последним, относятся трудности (значительная стоимость) проведения аэрофотосъёмочных работ и недоступность или дороговизна использования специализированной фотограмметрической аппаратуры и программного обеспечения [2].

К положительным следует отнести доступность получения снимков из Интернет, возможность использования для съёмки бытовой цифровой аппаратуры и графических редакторов общего назначения. Как показал анализ широкого круга литературных источников [3 - 6, 8,9] , задача оперативного картографирования территорий с уточнением данных решается на данный момент не полностью.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В работах Лисицкого Д.В., Цветкова В.Я., Третьяка А.М. Бондаря А.Л., Даценка Л.М. и других ученых ставятся задачи по созданию моделей геометризации технико-экономических показателей для планирования и управлениями территориями. Рассматриваются различные модели линейные или эвристические,

но реальное распределение технико-экономических показателей по пространству анализируемых территорий носит нелинейный и часто дискретный характер.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

При решении задач организации и планирования сельскохозяйственного производства на земельных участках, а также задач землеустройства с использованием ГИС-технологий необходимо провести корректную постановку задачи, а именно, формализовать физический объект в лаконичную математическую модель, в которой учитываемыми факторами будут геодезические координаты, показатели качества почв, растительности и проч., а также технологические и экономические показатели проектируемой деятельности.

ИЗЛОЖЕНИЕ МАТЕРИАЛА

Основными факторами, учитываемыми при работе с космическими снимками, являются доступность получения, графическое разрешение, ширина охвата, дата съемки, параметры фотосъемки, удобный тип файла и прочее. В таблице 1 приведены наиболее значимые из доступных космических систем с основными характеристиками предоставляемых космических снимков.

Табл. 1.

Базовые показатели предоставляемых потребителям космических снимков

№ п/п	Спутник (Прибор)	Характеристика изображения	Пространственное разрешение	Размер кадра	Цена за 1 км ²
1	SPOT(HRV)	многозональные панхром. многозон.	2,5 м 2,5 м. 5м	60 x 60 км 60 x 60 км	60426 грн./км ² 40284 грн./км ²
2	IRS	панхром многозон.	5,8 м 23,5 м	70 x 70 км 142 x 142 км	7423,5 грн./км ² 2020 грн./км ²
3	IKONOS	панхром пан + многозон.	1 м 4 м	- -	253 грн./км ² 269 грн./км ²
4	Quick Bird	пан +многозон.	0,6 м	-	168 грн./км ²

Несмотря на относительно низкую стоимость снимков некоторых систем, необходимо учитывать минимальную площадь снимаемой территории для разных видов спутников. Сами космические снимки имеют такие особенности:

- снимки – как фотографии в первоначальном виде;
- приведенные снимки с ликвидацией искажений съемки за наклон;
- тоже, но с ликвидацией искажений съемки за рельеф;
- тоже, и с ликвидацией искажений съемки за кривизну земли.

В нашем исследовании был проведен анализ сравнения материалов различного вида съемок с натурными измерениями, проводимыми приемниками системы глобального позиционирования.

Все исходные материалы были проанализированы на соответствие одного и того же участка на всех материалах. В данной работе были выбраны два средней длины базиса в направлении меридиана и параллели. Начальные и конечные пункты базисов выбирались как фундаментальные присутствующие на всех материалах

Результаты измерений по исходным материалам и GPS-измерений представлены в таблице 2. Величина базисов в таблице 2 приводится в условных единицах измерения

Таблица.2.

Параметры сравнения результатов измерений по исходным картографическим материалам и по данным полевых GPS-измерений

Наименование материала или съемок	Меридианный базис	1-ый базис по параллели	2-ой базис по параллели	Соотношения	
				1-ое	2-е
Аэрофотосъемка 1984 г. 24 x 24 см	86,3	68,7	57,5	1,25	1,50
Кадастровая топооснова Харьковской	190,1	146,1	122,6	1,30	1,55
Космический снимок Spot	116,2	90,1	73,8	1,29	1,57
Аэрофотосъемка 1959г. 18 x 18 см	73,5	59,3	48,6	1,24	1,51
Космический снимок Google-1	156,2	126,9	104,1	1,23	1,50
Полевые GPS-измерения	2875	2194	1843	1,31	1,56

Как видно из приведенных данных, наиболее нормированные материалы в сравнении с полевыми GPS-измерениями – это космический снимок Spot и кадастровая основа Харьковской области. Данный анализ показывает что снимки, полученные из любого источника, могут быть проверены на предмет адекватности координат точек на поверхности и на снимке на основе получения корректирующих коэффициентов.

Кроме того, оперативное картографирование локальных территорий осуществляется методами фотограмметрии и средствами цифровой фототехники широкого применения. Различают следующие частные случаи фотосъемки территории – ортогональная (плановая) и наклонная (перспективная).

В первом случае, реализация фотосъемки не представляет каких-либо трудностей при условии обработки искажений за допустимый наклон снимка и его

незначительную объёмность. Вторым подходом имеет два частных случая. Первый из них, при получении наклонных снимков относительно ровных исследуемых участков. Порядок работы с участками следующий.

На каждом выбранном для съёмки участке определяются направления осей координат для фотосъёмки OX и OY , для чего используется две мерки длины стороны квадрата (размерами удобного для работы) и его диагонали. Двумя такими мерками легко откладывается прямой угол и его продолжения для визирования линий OX и OY на местности. Также, на наиболее ровном и чистом участке откладывается, по крайней мере, один квадрат со своими четырьмя вершинами (так, чтобы координаты вершин были заранее известны в принятой на этом участке системе координат XOY). Отложенные точки отмечаются на местности маячками, оси и вершины должны быть хорошо заметны для съёмки, но не представлять больших угловых целей для визуализации.

Обработка результатов съёмки может проводиться несколькими способами, а именно графическим, графоаналитическим, аналитическим [7]. В основе этих способов лежит проведение и составление уравнений горизонталей и вертикалей, проходящих через каждую исследуемую точку.

Фотосъёмка сложного рельефа на данный момент развития технологии и методик разработана и предполагает наличие фототеодолитов и специализированных программных средств, а также исходных данных для съёмки в виде параметров внешнего и внутреннего ориентирования.

Поставленная здесь проблема оценки произвольных двойных, тройных и в общем случае, множественных одиночных снимков, в связи с невозможностью получения всех параметров ориентирования, ставится как задача фотограмметрической проективы, где недостающие переменные в фотограмметрических соотношениях по проведенным в данной работе исследованиям компенсируются координатами заранее обмеренных или выставленных точек (маячков, реперов, проч.).

Введенное и использованное здесь понятие продольного стереоэффекта это способ съёмки местности одиночными снимками. При такой съёмке ориентация главной оптической оси фотоаппарата производится по выбранной и отмеченной на местности оси главной вертикали снимка OX . Таким образом, реализация продольного стереоэффекта будет заключаться в получении и совместной обработке одиночных снимков рассматриваемых как совокупность двойных или множественных.

Полученные оперативными способами GPS-измерений и фотограмметрическими съёмками цифровой фотоаппаратурой информативные точки, содержащие B, L, H, F или X, Y, H, F где F – значение показателя в точке с геодезическими градусными или метрическими координатами. В случае, когда в качестве показателя выступает H , можно говорить о топофункции от двух переменных. В нашем рассмотрении берется функция от трех переменных. Для использования математических вычислительных программ удобно переменную H заменить на Z , что и будет использовано ниже.

Надо заметить, что задача аналитического моделирования топофункции заключается в том, чтобы по N реализациям топофункции $F(X_i, Y_i, Z_i)$, найти аналитическую зависимость $F = f(X, Y, Z)$.

Простое решение вопроса построения аналитической модели распределения показателей в пространстве (или построение топографической поверхности) даст непосредственное обобщение интерполяции при помощи определителя с указанием произведений степеней переменных X, Y, Z . В этом случае, получаем компактную модель в виде полинома степень которого связана с количеством исходных точек $(P+1)(P+2)(P+3)/3! = K$. Так полином третьей степени позволяет связать 20 исходных точек. В случае большой размерности исходных данных и трудностей по построению больших определителей, задача решается многовариантным подходом. Поэтому в данной работе реализован градиентно-статистический метод.

Градиентный аспект метода заключается в том, что значения наблюдаемого показателя точек, попавших в окрестность, переносятся в рассматриваемую точку по градиенту этого показателя (в 2-мерном измерении по касательной плоскости в этой точке).

Для того, чтобы найти градиенты для каждой исходной точки, выделим для этой точки – окрестность. Допустим, в нее попала точка J . Тогда определим градиенты поля в рассматриваемой точке K , как частные производные по направлениям

$$\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)_{KJ} = \frac{\Delta F}{\Delta x}; \quad \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right) = \frac{\Delta F}{\Delta y}; \quad \left(\frac{\partial F}{\partial z}\right) = \frac{\Delta F}{\Delta z}.$$

Просмотрев все L точек, попавших в R - окрестность, получим L частных производных по каждому направлению OX, OY, OZ . Поскольку идея метода статистическая, то для этих градиентов надо найти среднее или средневзвешенное значение. Вспомним положение, что точки J , стоящие ближе к точке K , оказывают на неё большое действие. Если точка стоит на границе R -окрестности, то влияние её градиента должно быть нулевое. Если же точка находится на бесконечно малом расстоянии от точки K , то градиент точки J приравнивается к градиенту точки K . Для получения средневзвешенного градиента, исходя из описанных условий суммировать частные производные, получаемые от точки J , можно со следующим весовым коэффициентом:

$$\frac{(R - r_j)}{\sum_{j=1}^L (R - r_j)}$$

Тогда частная производная (например, по направлению OX) от влияния всех L точек запишется в таком виде:

$$\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)_K = \sum_{j=1}^L \frac{\Delta F (R - r_j)}{\Delta x \sum (R - r_j)}$$

Приведенный весовой коэффициент действительно удовлетворяет поставленным условиям:

1. На границе R области он равен 0, т.к. $r_J = R$ и $R - r_J = 0$.
2. На бесконечно малом расстоянии от точки K он максимален и равен

$$\frac{R}{\sum_{J=1}^M (R - r_J)}, \text{ т.к. } r_J = 0.$$

3. Если точки J находятся на одинаковом расстоянии от точки K , то влияние на точку K от точек J одинаково и сумма весовых коэффициентов должна быть равна Действительно,

$$\left(\frac{\partial F}{\partial x} \right) = \sum_{J=1}^L \frac{\Delta F (R - r_J)}{\Delta x \sum_{J=1}^L (R - r_J)} = \frac{\Delta F}{\Delta x} \cdot \frac{\sum (R - r_J)}{\sum (R - r_J)}$$

Выше приведенный весовой коэффициент предполагает, что влияние каждой точки на рассматриваемую точку линейно, и тогда, значит, градиенты изменяются также линейно, что для физических объектов не характерно. Если применить зависимость 2-й степени, то весовой коэффициент запишется в следующем виде:

$$\frac{(R - r_J)^2}{\sum (R - r_J)^2}$$

(легко заметить, что при одинаковом расстоянии точек от узла в числителе, так же как в знаменателе, появится сумма квадратов, что обратит весовой коэффициент в 1), тогда градиенты в точке K примут вид:

$$\left(\frac{\partial F}{\partial x} \right) = \sum_{J=1}^L \frac{\Delta F_J (R - r_J)^2}{\Delta x \sum_{J=1}^L (R - r_J)^2};$$

$$\left(\frac{\partial F}{\partial y} \right) = \sum_{J=1}^L \frac{\Delta F_J (R - r_J)^2}{\Delta y \sum_{J=1}^L (R - r_J)^2}$$

$$\left(\frac{\partial F}{\partial z} \right) = \sum_{J=1}^L \frac{\Delta F_J (R - r_J)^2}{\Delta z \sum_{J=1}^L (R - r_J)^2}$$

Надо заметить, что и эти весовые коэффициенты будут удовлетворять перечисленным выше требованиям. Значение показателя в узле сети геометризации V будет складываться из значений M точек, попавших в R -окрестность. Значение показателей в i -точке ($i=1, \dots, M$) будет переноситься в узел V по градиенту поля i -точке.

$$F_{vi} = P_i + \left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)_i \cdot (X_v - X_i) + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)_i \cdot (Y_v - Y_i) + \left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)_i \cdot (Z_v - Z_i)$$

Переносимые в узел значения необходимо суммировать с весовыми коэффициентами. Чтобы не усложнять метод, возьмём весовые коэффициенты такими же, как и в случае нахождения градиентов. Тогда значение показателя в узле запишется:

$$F_v = \sum F_{vi} \cdot \frac{(R - r_i)^2}{\sum (R - r_i)^2}$$

$$F_v = \sum_{i=1}^M \left[P_i + \left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)_i \cdot (X_v - X_i) + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)_i \cdot (Y_v - Y_i) + \left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)_i \cdot (Z_v - Z_i) \right] \cdot \frac{(R - r_i)^2}{\sum (R - r_i)^2}$$

Поскольку метод градиентно-статистический, то величина R-связности существенно влияет на значения показателя в узлах сети геометризации. Ниже в табл.3 приведены результаты моделирования технических, технологических и экономических показателей сельхозтерриторий для задач оптимизации по управлению территориями.

Таблица 3.

Сравнение результатов моделирования пространственной составляющей технических, технологических и экономических показателей использования сельхозтерриторий для обеспечения оптимизационных управленческих задач

Показатели	Тип функции	Реализация
Технические: - высотные отметки рельефа - физико-технические характеристики почв - химико-минералогический состав почв - принадлежность к категориям ведения хозяйства	Нелинейная, непрерывная Нелинейная, непрерывная Нелинейная, дискретная Дискретная	Хорошая, R-постоянная Хорошая, R-постоянная Хорошая, R-постоянная Хорошая, R-переменная
Технологические: - биохимические параметры - урожайность по основным культурам - содержание гумуса - минеральная составляющая - органическая составляющая	Нелинейная, непрерывная Нелинейная, дискретная Нелинейная, непрерывная Нелинейная, непрерывная Нелинейная, непрерывная	Хорошая, R-постоянная Хорошая, R-переменная Хорошая, R-постоянная Хорошая, R-постоянная Хорошая, R-постоянная
Экономические: - условная стоимость единицы территории - приведенная стоимость единицы территории	Линейная, дискретная Линейная, дискретная	Средняя, R- переменная Средняя, R-переменная

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Таким образом, предложенная модель есть хорошим основанием для принятия решений по управлению территориями с использованием технико-экономических показателей разного рода ресурсов, включая земельные, почвенные и прочие. Данная модель может быть применена для формирования регулярных баз данных для решения разного рода задач с использованием ГИС-технологий.

Список литературы

1. Лисицкий Д.В. Основные принципы цифрового картограф-я. –М: Недра, 1988.-178с.
2. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. -М:Недра, 1998. -228 с.
3. Третьяк А.М. Наукові основи землеустрою.–К:ТОВ ЦЗРУ, 2002. -342 с.
4. Барладин О.В., Ярошук П.Д. Использование данных ДЗЗ для картографирования, навигации и кадастра.//Материалы ГИС-форума-2007.-С.35-41.
5. Аристов М.В. Использование космических снимков и гис-технологий для их обработки в задачах территориального планирования, землеустройства и кадастра.// Материалы ГИС-форума-2007.- С.100-103.
6. Красовский Г.Я., Андреев С.М., Бутенко О.С., Крета Д.Л. Получение геоинформации из сети интернет для заданий космического мониторинга экологической безопасности регионов.// Экология и ресурсы.-2005.-№12.-С.100-142.
7. Ильинский И.Д и др.Фотограмметрия и дешифрование снимков.-М:Недра.1986.-275с.
8. Калантаров Е.И. и др.Эволюция проективной фотограмметрии.//Научные труды МИИГАиК.-2004. -С66-71.
9. Дмитриев В.Г.Фотограмметрическая обработка одиночных сканерных космических снимков.//Научные труды МИИГАиК.-2004.-С141-146..

Tatarinovich B. O. Топографічний фотомоніторинг і градієнтно-статистична модель геометризації для управління територіями // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – 2008. – Серія «Географія». – Т. 21 (60). – № 1. – С. 157-164

Аналізується можливість отримання космічних фотознімків з комп'ютерної мережі, методика їх перевірки, спосіб і метод зйомки ділянок місцевості, розробленими в роботі обчислювальними розрахунками приводяться градієнтно- статистична метод для моделювання технико - економічних показників для нелінійної і дискретної задач оптимізації.

Ключові слова: космічні знімки, супутникові вимірювання, наземні одиночні і множественные цифрові знімки, просторове моделювання.

Tatarinovich B. A. The topography photomonitoring and gradient–statistical Method of the geometrization for development of the territory // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. – 2008. – Series «Geography». – V. 21 (60). – № 1. – P. 157-164

The article analyzes the possibility of acquiring the spot images from a computer network, method of their verification, approach and method of surveying of areas is analysed, developed in work by the calculations of represented gradient - statistical method for the design of tehnic - economic indicators for the nonlinear and discrete tasks of optimization.

Key words: spot images, satellite calculations, single and multiple digital images of territories, space modelling.

Поступила в редакцію 22.04.2008 г.