

ставляет собой логическое развитие системного подхода к анализу финансовой отчетности хозяйствующих субъектов.

Библиографический список

1. Погостинская Н.Н., Погостинский Ю.А. Системный анализ финансовой отчетности. – СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 1999. – 96 с.

УДК 579.64

Интервальные оценки точности растровой карты М 1:500 на территории ГИС-полигона г. Барнаула

Н.М. Оскорбин, С.И. Суханов, В.В. Школин
АлтГУ, г. Барнаул

В данной работе рассматривается задача совместного анализа картографической и геодезической информации на территории ГИС-полигона г. Барнаула, сбор и предварительная обработка которой выполнена в работе [1]. Следует отметить, что в приведенной работе выводы обосновывались с использованием точечных оценок пространственного положения геообъектов, которые вычислялись методом центра неопределенности (МЦН). В работе [2] показано, что в рассматриваемом случае обработку базы данных следует проводить в рамках объединенного множества решений интервальных систем линейных алгебраических уравнений (ИСЛАУ) и использовать для обоснования выводов интервальные оценки пространственного положения исследуемых геообъектов. Методические вопросы и математические задачи оценки решений ИСЛАУ представлены в работах [3, 4]. С использованием этих методов оценим пространственное положение осевой линии железной дороги, данные по которой представлены в таблицах 1 и 2. Результаты исследований можно использовать для проверки выводов работы [1] относительно точности растровой карты М 1:500 на территории ГИС-полигона. Положение линии железной дороги показано на рисунке 1.

ГИС-полигон расположен в северо-западной части города Барнаула и включает территорию тепличного хозяйства, магистраль автомобильной дороги и железнодорожные пути, участок теплосети. Выбранная территория насыщена опознаваемыми точечными объектами (пересечение линейных объектов, характерные точки обочины магистральной автомобильной дороги, угловые точки границ земельных участков и зданий) линейными объектами и полигонами. Размеры выбранной территории позволяют с достаточной точностью и полнотой

исследовать картографические данные и проводить геодезические измерения для построения крупномасштабных карт и планов [5].

Таблица 1 – Данные для построения линейной функции по GPS точкам

| № п/п | x_i^{GPS} | y_i^{GPS} | ε_x^{GPS} | ε_y^{GPS} |
|-------|-------------|-------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 13368,31 | -2762,55 | 0,03 | 0,03 |
| 2 | 13397,38 | -2759,54 | 0,03 | 0,03 |
| 3 | 13478,29 | -2751,04 | 0,03 | 0,03 |
| 4 | 13616,66 | -2736,60 | 0,03 | 0,03 |
| 5 | 13616,66 | -2736,60 | 0,03 | 0,03 |
| 6 | 13763,51 | -2721,25 | 0,03 | 0,03 |
| 7 | 13907,02 | -2706,30 | 0,03 | 0,03 |
| 8 | 14091,86 | -2687,02 | 0,03 | 0,03 |

Таблица 2 – Данные «сколки» точек осевой линии на карте М 1:500

| № п/п | x_i^{CK} | y_i^{CK} | ε_x^{CK} | ε_y^{CK} |
|-------|------------|------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 13 655,21 | -2 732,62 | 0,16 | 0,16 |
| 2 | 13 673,26 | -2 730,74 | 0,16 | 0,16 |
| 3 | 13 872,09 | -2 709,83 | 0,16 | 0,16 |
| 4 | 13 619,45 | -2 736,40 | 0,16 | 0,16 |
| 5 | 13 637,33 | -2 734,51 | 0,16 | 0,16 |
| 6 | 13 782,37 | -2 719,15 | 0,16 | 0,16 |
| 7 | 13 980,58 | -2 698,52 | 0,16 | 0,16 |
| 8 | 13 890,11 | -2 708,03 | 0,16 | 0,16 |
| 9 | 13 907,99 | -2 706,11 | 0,16 | 0,16 |
| 10 | 13 505,29 | -2 748,30 | 0,16 | 0,16 |
| 11 | 13 483,22 | -2 750,38 | 0,16 | 0,16 |
| 12 | 13 350,57 | -2 764,39 | 0,16 | 0,16 |
| 13 | 13 356,46 | -2 763,82 | 0,16 | 0,16 |
| 14 | 13 374,56 | -2 761,79 | 0,16 | 0,16 |
| 15 | 13 854,18 | -2 711,66 | 0,16 | 0,16 |
| 16 | 13 709,64 | -2 726,72 | 0,16 | 0,16 |
| 17 | 13 691,43 | -2 728,77 | 0,16 | 0,16 |
| 18 | 13 764,24 | -2 720,96 | 0,16 | 0,16 |
| 19 | 13 368,38 | -2 762,56 | 0,16 | 0,16 |
| 20 | 13 836,21 | -2 713,40 | 0,16 | 0,16 |
| 21 | 13 362,44 | -2 763,03 | 0,16 | 0,16 |
| 22 | 13 392,60 | -2 759,87 | 0,16 | 0,16 |
| 23 | 13 998,54 | -2 696,69 | 0,16 | 0,16 |
| 24 | 13 926,18 | -2 704,23 | 0,16 | 0,16 |
| 25 | 13 944,40 | -2 702,29 | 0,16 | 0,16 |
| 26 | 13 962,53 | -2 700,40 | 0,16 | 0,16 |



Рисунок 1 – Фрагмент растровой карты ГИС-полигона г. Барнаула М 1: 10000

Координаты точек осевой линии легко идентифицируются на карте и на местности. Данные таблицы 1 были определены с высокой точностью благодаря совместному применению спутниковой системы GPS Trimble 5700 и тахеометрических измерений. Измерения проводились двумя приемниками Trimble по схеме: база – подвижный приемник, совместно с тахеометрическими измерениями. Вычисление и уравнивание координат точек выполнено в программе «Trimble Geomatics Office» в местной системе координат города Барнаула. Погрешности взаимного места определения точек съемочного обоснования не превышает $\pm 0,03$ м.

Данные таблицы 2 получены сколкой с карты, которая в настоящее время широко применяется в землеустройстве и при геодезических измерениях, однако, информация о точности отображения объектов на ней для широкого круга пользователей не доступна. Кроме того, создание этой карты проводилось в прошлом, а технологии обработки данных в настоящее время не могут быть восстановлены. В работе [1] оценивалась погрешность положения геобъектов ($\Delta x_0, \Delta y_0$) в целом по территории ГИС-полигона и угла поворота $\Delta \alpha$ относительно истинного их положения на местности. Основной вывод состоит в оценке интервального смещения объектов на карте равного 0,1 м. Относительно погрешности $\Delta \alpha$ проверена и подтверждена нулевая гипотеза. Этот вывод следует из равенства оценок углов наклона осевой линии железной дороги, полученных по данным таблиц 1 и 2.

Обработка данных таблиц 1, 2 выполнена в среде Excel с использованием инструмента «Поиск решения». Схема анализа данных в основных этапах сводится к оценке согласованности и достоверности данных таблиц 1, 2; к оценке применимости метода линейного программирования (ЛП) для исследования объединенного множества решений ИСЛАУ; к преобразованию исходных данных в математическую систему координат, в которой коэффициенты уравнения осевой линии строго положительны; к получению интервальных оценок уравнения осевой линии и обоснованию параметров смещения растровой карты на территории ГИС-полигона.

Первый этап оценки согласованности и достоверности данных таблиц 1 и 2 выполнен с использованием МЦН и МНК. Показано, что данные таблицы 1 достоверны, а оценки погрешностей измерения не превышают заданных значений. Комплексный анализ данных таблицы 2 показал, что наблюдения с номерами 18 и 20 не являются достоверными и их следует исключить. Найденные точечные значения коэффициентов осевой линии не лежат в главном квадранте и обосновано решение в переходе в математическую систему координат.

Изменение данных таблиц 1 и 2 выполнено с использованием 2D преобразования местной системы координат г. Барнаула (МСК) в математическую систему координат (МК):

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}_{МК} = m \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}_{МСК} + \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где m – коэффициент сжатия (принимается $m=1$); α – угол поворота координат МСК; $\Delta x, \Delta y$ – координата нулевой точки МСК в системе координат МК.

В нашем случае система МК выбрана по угловым точкам ГИС-полигона, а параметры 2D преобразования (1) выбраны следующими: $\alpha=0$; $\Delta x = -13333,40$; $\Delta y = 2792,70$. В таблице 3 представлены угловые точки ГИС-полигона в рассматриваемых системах координат, а в таблице 4 – координаты, полученные по данным таблицы 1.

Таблица 3 – Координаты угловых точек ГИС-полигона в МСК и МК

| Угловые точки | Координаты МСК | | Координаты МК | |
|---------------|----------------|----------|---------------|---------|
| | x_i | y_i | x_i | y_i |
| Северо-запад | 14017,07 | -2792,70 | 683,71 | 0,00 |
| Северо-восток | 14017,07 | -1645,57 | 683,71 | 1147,13 |
| Юго-восток | 13333,36 | -1645,57 | 0,00 | 1147,13 |
| Юго-запад | 13333,36 | -2792,70 | 0,00 | 0,00 |

Аналогичный пересчет в МК проведен и данных таблицы 2. Анализ данных в новых системах координат показал, что коэффициенты урав-

нений осевой линии железной дороги неотрицательны, а положение линейного участка дороги находится на территории ГИС-полигона.

Таблица 4 – Данные в МК для построения линейной функции по GPS точкам

| № п/п | x_i^{GPS} | y_i^{GPS} | ε_x^{GPS} | ε_y^{GPS} |
|-------|-------------|-------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 34,95 | 30,15 | 0,03 | 0,03 |
| 2 | 64,02 | 33,16 | 0,03 | 0,03 |
| 3 | 144,93 | 41,66 | 0,03 | 0,03 |
| 4 | 283,30 | 56,10 | 0,03 | 0,03 |
| 5 | 283,30 | 56,10 | 0,03 | 0,03 |
| 6 | 430,15 | 71,45 | 0,03 | 0,03 |
| 7 | 573,66 | 86,40 | 0,03 | 0,03 |
| 8 | 758,50 | 105,68 | 0,03 | 0,03 |

Пусть $y = a_1x_1 + a_2x_2$ – общий вид уравнения осевой линии, где $a = (a_1, a_2)$ – вектор искомым коэффициентов, а $x_1 = 1$ – свободный член уравнения, x_2 – координаты в МК положения линии железной дороги по оси x .

Объединенное множество решений (множество $A(X, Y)$ значений вектора a) для нашего случая задается ИСЛАУ, которая записывается так [2]:

$$Xa = Y \quad (2)$$

Интервальное задание СЛАУ (2) состоит в том, что элементы матриц X, Y заданы интервалами: $X^H \leq X \leq X^V$ и $Y^H \leq Y \leq Y^V$.

В нашем случае показано, что выполнено условие: $A(X, Y) \subset R_+^2$.

Тогда множество $A(X, Y)$ определяется следующей системой неравенств:

$$\begin{cases} X^H a \leq Y^V; \\ X^V a \geq Y^H. \end{cases} \quad (3)$$

В выражениях (2), (3) число строк ИСЛАУ совпадает с числом наблюдений, первый столбец матрицы X заполняется единицами, второй столбец и правые части в выражении (3) – определяются точками измерений переменных (x_i, y_i) с учетом сложения или вычитая предельных ошибок.

Так ИСЛАУ для данных таблицы 3 имеет матрицы, заданные таблицей 5.

Таблица 5 – Задание ИСЛАУ в МК для GPS точек

| № п/п | X^H | | X^V | | Y^H | Y^V |
|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 1 | 1 | 34,92 | 1 | 34,98 | 30,12 | 30,18 |
| 2 | 1 | 63,99 | 1 | 64,05 | 33,13 | 33,19 |
| 3 | 1 | 144,90 | 1 | 144,96 | 41,63 | 41,69 |
| 4 | 1 | 283,27 | 1 | 283,33 | 56,07 | 56,13 |
| 5 | 1 | 283,27 | 1 | 283,33 | 56,07 | 56,13 |
| 6 | 1 | 430,12 | 1 | 430,18 | 71,42 | 71,48 |
| 7 | 1 | 573,63 | 1 | 573,69 | 86,37 | 86,43 |
| 8 | 1 | 758,47 | 1 | 758,53 | 105,65 | 105,71 |

Согласно интервальному анализу методами ЛП вычисляются оценки координаты y при фиксированном положении точки на оси x .

$$y^H(x) = \min_{a \in A(X,Y)} (a_1 x_1 + a_2 x_2); \quad y^V(x) = \max_{a \in A(X,Y)} (a_1 x_1 + a_2 x_2) \quad (4)$$

Следующие задачи решаются с целью получения интервальных оценок компонент вектора a :

$$a_i^H = \min_{a \in A(X,Y)} a_i; \quad a_i^V = \max_{a \in A(X,Y)} a_i, \quad i=1, 2 \quad (5)$$

Задачи (4) решались для крайних точек ГИС-полигона. При $x=0$ получен по GPS точкам интервал [26,489, 26,509], по данным СК [26,444, 26,652]. При $x=683,71$ получен по GPS точкам интервал [97,888, 97,903], по данным СК [97,818, 98,130].

Задача (5) решалась для расчета интервальной оценки угла наклона уравнений осевой линии. По GPS точкам интервал для a_2 равен [0,10440, 0,10445], по данным СК – [0,10409, 0,10485].

Анализ проведенных интервальных оценок подтверждает вывод работы [1] о нулевой величине поворота раstra М 1:500 на территории ГИС-полигона относительно его истинного положения, но противоречит выводу о наличии систематической ошибки при отображении пространственного положения геообъектов. Данный вывод базируется на том, что интервальные оценки по данным скелки строго включают интервалы, определенные по данным GPS-съемки. Дополнительным результатом исследований данной работы является оценка погрешности позиционирования геообъектов по растровой карте, которая составляет порядка 30 см. Анализ показывает потенциально высокую точность комплексных исследований с использованием спутникового позиционирования, дополнительных геодезических данных, привлечение априорной информации о взаимном положении геообъектов. В нашем случае вычисления пространственного положения осевой линии железной дороги выполнено с точностью до 2 см.

Библиографический список

1. Суханов С.И. Оценка точности растровой карты, с использованием метода центра неопределенности // Известия Алтайского государственного университета. – Барнаул, 2010. – №1. – С. 116–118.
2. Оскорбин Н.М., Суханов С.И. Методы интервального анализа данных: Учебное пособие. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2016. – 21 с.
3. Жолен Л. и др. Прикладной интервальный анализ. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005. – 468 с.
4. Шарый С.П. Конечномерный интервальный анализ. – Новосибирск: Изд-во «XYZ», 2016. – 611 с.
5. Оскорбин Н.М., Суханов С.И. Создание полигона для оценки точности имеющихся растровых карт и космических снимков высокого разрешения // Известия Алтайского государственного университета. – Барнаул, 2011. – №1. – С. 108–112.

УДК 004.032.26

Использование нейронных сетей глубокого доверия для распознавания различного вида транспорта на аэрокосмическом снимке

***В.Ю. Петроченко, В.М.Татьянкин**
ЮГУ, г. Ханты-Мансийск*

Высокоэффективные решения задач распознавания образов, являются одними из самых востребованных в современном мире. Это обуславливается тем, что понятие образа, очень обширно, это и изображения, звуки, сигналы и т.д.– то есть охватывает все сферы человеческой деятельности, соответственно спрос на высокоэффективные решения является величиной постоянно возрастающей. Этому также способствует развитие как теоритической, так и практической науки. В настоящее время одним из эффективных подходов к решению данных задач являются искусственные нейронные сети, особенно нейронные сети глубокого доверия. По мнению Массачусетского технологического института, нейронные сети глубокого доверия входят в 10 технологий, которые коренным образом в ближайшее время изменят мир.

В связи с развитием направления аэрокосмического зондирования и наблюдения встаёт задача нахождения на фотоснимке требуемого объекта.

В статье рассматривается использование нейронных сетей глубокого доверия для распознавания различного вида транспорта: самолёты,