

КОНТУРНОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОФОТОСНИМКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В СТЕРЕОРЕЖИМЕ

An analysis in brief outline of air images application for forestry purposes has been done in given research. Also a analysis of some stages of data processing during forest inventory cartographical data production as well as description of special computer software that is being in use are given. Having done such analysis the ways of increasing of work effectiveness as well as reducing of production expenditures are showed up. This is achieved due to reducing of printed images more then 65%, unification and exclusion from the process some stages and expensive software.

A brief description of the procedure of digital air photo images preprocessing (stereo pairs) in order to prepare one anaglyph stereo picture is given in the work. The main stages of digital stereo picture preparation i.e. color conversion, transformation, mutual orientation, external orientation are described. Some recommendations with respect to how to use anaglyph stereo pictures for contour decoding of forests stands in GIS at the stage of preparation of images for forest inventory field works are proposed. Also advantages of the procedure that was worked out in comparison with existing ones are discussed.

Введение. Наличие достоверной информации о лесных ресурсах имеет важное значение в управлении, принятии оптимальных решений, прогнозировании деятельности отдельных предприятий и отрасли лесного хозяйства в целом. Получение данных о состоянии лесного фонда и его изменениях всегда было связано с большими финансовыми расходами, поэтому развитие методов и технологий, позволяющих сделать информацию дешевле, является актуальной задачей.

На всех этапах развития для снижения себестоимости и повышения точности работ лесоустройство широко использовало аэрофотоснимки. Начало проведения аэрофотосъемки в России – 1922 г. В последующие годы методы дешифрирования интенсивно развивались: были изучены основные признаки дешифрирования насаждений разных пород, предложен и внедрен комбинированный метод, сочетающий наземную таксацию с дешифрированием аэрофотоснимков, выпущено Руководство по лесному дешифрированию аэроснимков [1].

Первые опыты по измерительному дешифрированию аэрофотоснимков были проведены в 1946 г. Основой для измерительного дешифрирования послужила фотограмметрия, в ходе развития которой было дано математическое обоснование, разработаны приборы и инструменты для проведения измерений [2, 3, 4].

В последующие годы были разработаны новые, более совершенные технологии инвентаризации лесов, основанные на рациональном сочетании камерального дешифрирования цветных спектрзональных аэрофотоснимков с наземной глазомерной таксацией.

В настоящее время основной технологией сбора информации о лесном фонде является технология базового лесоустройства. Она же является и самой затратной. Так как базовое лесоустройство проводится раз в десять лет и сведения о лесном фонде устаревают, в про-

межутке проводится непрерывное лесоустройство, основанное на внесении текущих изменений – актуализации данных.

Неотъемлемой частью непрерывного лесоустройства является географическая информационная система (ГИС), интенсивность использования которой наряду с компьютеризацией, развитием коммуникаций и т. д. служит обобщающим показателем достигнутого уровня информационного развития отрасли [5].

Современное лесоустройство во многих странах (в том числе и в Республике Беларусь), широко использует ГИС-технологии на всех стадиях лесоустроительного проектирования. В 2001–2002 гг. специалистами отдела картографии информационно-вычислительного центра РУП «Белгослес» и РУП «Белгеодезия» разработана технология автоматизированного формирования планово-картографических лесоустроительных материалов, основой которой являются специализированные программные продукты FORMOD, GEOGRAPHIC TRANS-FORMER, EASY TRASE, PHOTOMOD. Начиная с 2003 г., данная технология интенсивно используется РУП «Белгослес» при производстве всех видов планово-картографических материалов [6, 7, 8].

Одними из основных этапов производства картографических материалов являются печать аналоговых аэрофотоснимков, контурное дешифрирование и подготовка их к таксации [9], оцифровка, трансформирование и привязка цифровых снимков, векторизация информации. На разных этапах лесоустроительная информация представляется в двух видах – аналоговом и цифровом.

Контурное дешифрирование выполняется на отпечатанных аналоговых аэрофотоснимках с использованием стереоскопа. Для получения стереоскопического эффекта необходимо наличие двух снимков с изображением одного и того же участка местности, поэтому съемка выполняется с перекрытиями снимков (продольными – 65% и более,

поперечными – 25% и более). Таким образом, информация дублируется, что увеличивает общее количество печатаемых аэрофотоснимков. Для снижения затрат в последнее время используются снимки масштаба 1 : 15 000, что снижает восприятие изображения дешифровщиком и приводит к снижению качества контурного дешифрирования.

После дешифрирования аэрофотоснимков и таксации насаждений в камеральный период выполняется сканирование снимков (оцифровка), привязка и векторизация ситуации. Таким образом, операции дешифрирования аналоговых снимков и векторизация границ выделов, кварталов, дорог и т. д. выполняются на разных этапах, хотя, по сути, выполняют одну задачу и могут быть совмещены.

Цель исследования – разработка методики контурного дешифрирования цифровых аэрофотоснимков в стереорежиме, позволяющей удешевить производство лесоустроительных картографических материалов и повысить качество дешифрирования. Данная методика позволит исключить или совместить некоторые дорогостоящие виды работ, выполняемые в настоящее время при составлении цифровых картографических материалов с использованием ГИС-технологий:

- исключить печать аэрофотоснимков – заменяется сканированием негативов с печатью, при необходимости, на бумаге. При этом количество печатаемых экземпляров уменьшается более чем на 65%, так как печатается стереоизображение не на двух, а лишь на одном снимке, и не для всей территории, а лишь для части с изображением лесного фонда;

- совместить этапы привязки, трансформирования, контурного дешифрирования и векторизации, используя при этом мощные средства географической информационной системы;

- исключить приобретение дорогостоящих специализированных программных продуктов для векторизации и стереоизмерений (EASY TRASE, PHOTOMOD).

Основная часть. Видимое пространственное изображение местности называют стереоскопической моделью. Искусственный стереоскопический эффект возникает при рассмотрении двух изображений объекта, полученных с двух точек, находящихся на равном удалении от объекта.

Основным этапом для проведения контурного дешифрирования является подготовка цифрового стереоизображения. Для этого требуется выполнить ряд условий: получить снимки фотографированием объекта с двух различных точек пространства; разделить зрение, т. е. каждым глазом наблюдать только один из снимков; для устранения углов наклона выполнить взаимное ориентирование снимков (в первом приближении это осуществляет-

ся расположением базисов снимков на одной оси, параллельной главному базису); установить расстояние между снимками, соответствующим нормальному углу конвергенции глаз наблюдателя, т. е. углу конвергенции при данном расстоянии до снимков; устранить разность масштабов снимков (однако стереоэффект можно наблюдать и при некоторой (до 16%) разномасштабности) [2, 3, 4].

Если расположить снимки на расстоянии глазного базиса так, чтобы глаза наблюдателя располагались по отношению к снимкам в точках, соответствующих положению центров проекций, то направление зрительных лучей для соответствующих точек снимка не изменится и наблюдатель увидит уменьшенное объемное изображение местности, т. е. будет ощущать искусственный стереоэффект.

Методы получения стереоскопического эффекта хорошо изучены и широко используются на практике. В цифровых фотограмметрических станциях наиболее распространены два метода: поочередное проецирование (затворный или стробоскопический) и анаглифический. Метод поочередного проецирования требует специального оборудования – затворных стереочков и видеокарты. Анаглифический способ требует наличия лишь анаглифических очков, а полученные с его помощью стереоизображения можно рассматривать как на экране компьютера, так и на бумажном носителе.

При изучении основных свойств аэрофотоснимка и определении основных математических зависимостей изображения считается, что снимок – это центральная проекция местности на плоскость [2, 3, 4].

При горизонтальной плоской местности и горизонтальном снимке для любых соответствующих отрезков снимка и местности их соотношение является постоянным и равным масштабу снимка (отсутствие параллакса). Это свойство относится и к ортогональной уменьшенной проекции, в которой составляют топографический план местности, поэтому горизонтальный снимок является уменьшенной ортогональной проекцией плоской горизонтальной местности. Следовательно, такой снимок можно считать планом местности в заданном масштабе. Если масштаб снимка не будет равен масштабу плана, то методом аффинных преобразований изображение на снимке можно привести к масштабу плана.

Если на местности имеются превышения точек, а снимок наклонный, то одни и те же горизонтальные отрезки местности изобразятся на снимке отрезками разной длины, т. е. появляется разность продольных и поперечных параллаксов.

Таким образом, наличие превышений на местности и наклона снимка в момент фотографирования приводят к искажениям изображения на

снимке, и следовательно, изображение на снимке не будет являться ортогональной проекцией местности. Поэтому основной задачей при получении лесоустроительных планово-картографических материалов является преобразование центральной проекции аэроснимка в ортогональную.

Задачи фотограмметрии решаются наиболее просто по горизонтальным снимкам. Хотя получить строго горизонтальные снимки пока невозможно, можно перейти от координат точек, измеренных на наклонном снимке, к координатам соответствующих точек горизонтального снимка, если известны элементы внешнего ориентирования наклонного снимка. Этот процесс называется трансформированием координат [2].

При проведении аэрофотосъемки самолет и аэрофотоаппарат, установленный на борту, движутся непрямолинейно. Наблюдаются отклонения от маршрута, непараллельность сторон снимков базису фотографирования, отклонение оптической оси от вертикали, изменение высоты. Поэтому снимки расположены не строго горизонтально, а имеют углы отклонения (рис. 1).

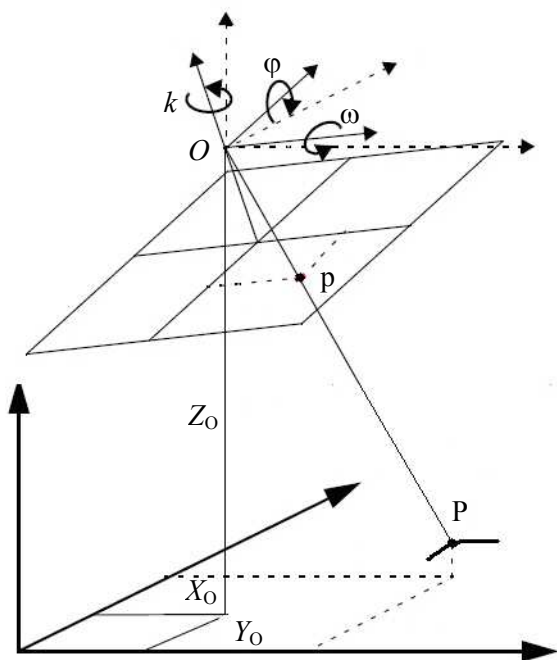


Рис. 1. Элементы внешнего ориентирования снимка

Для целей лесоустройства используются плановые снимки, отличающиеся от горизонтальных наличием угла наклона оптической оси, который не должен превышать трех градусов. Современное аэрофотосъемочное оборудование обеспечивает угол наклона не более $10' - 20'$, т. е. снимки близки к горизонтальным, а изображение на равнинной местности близко к плану.

В фотограмметрии для определения координат местности широко используется метод обратной двойной фотограмметрической засечки, сущность которого заключается в следующем. Выполняется взаимное ориентирование снимков, т. е. снимки устанавливаются в положение, которое они занимали в пространстве относительно друг друга в момент съемки (рис. 2). В результате образуется фотограмметрическая модель, масштаб которой неизвестен, так как расстояние между центрами проекций выбирается произвольно. Внешнее ориентирование модели выполняется по опорным точкам [2, 3].

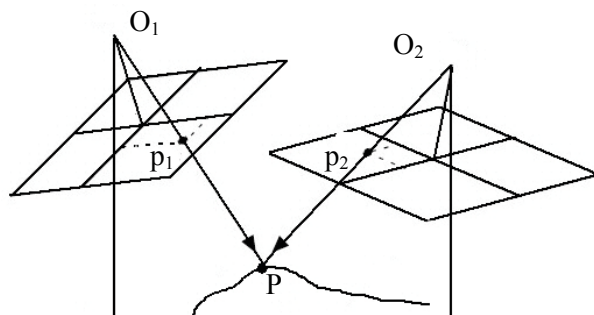


Рис. 2. Взаимное ориентирование снимков

Чтобы получить геометрическую модель местности, необходимо добиться попарного пересечения всех соответствующих лучей левого и правого снимков. Для решения этой задачи нужно устранить поперечные параллаксы и разномасштабность снимков.

Элементы взаимного ориентирования – величины, определяющие взаимное положение снимков в пространстве, при которых выполняется условие пересечения всех соответствующих лучей и построение геометрической модели. Если взаимное ориентирование выполнено, то при совместном перемещении пары снимков в пространстве геометрическая модель местности не разрушится, изменится только ориентирование геометрической модели относительно принятой системы геодезических координат.

Взаимное ориентирование снимков можно выполнить двумя основными способами: 1) угловыми движениями двух снимков при неподвижном базисе; 2) движениями только одного снимка при неподвижном положении другого. Для определения элементов взаимного ориентирования плановых снимков могут использоваться упрощенные методы (по шести опорным точкам) [2, 3, 4].

Подготовка цифрового стереоизображения выполняется в несколько этапов:

1) цветное преобразование стереопары – производится с помощью редактора растровой графики. При этом изображения одного снимка преобразуется в красный цвет, другого – в сине-зеленый, что позволит наблюдать стереоскопический эффект с помощью анаглифических очков;

2) взаимное ориентирование снимков выполняется с помощью специального программного обеспечения для трансформирования растровых изображений (например, GEOGRAPHIC TRANSFORMER). Так как для целей лесоустройства используются плановые снимки, взаимное ориентирование можно выполнять упрощенными методами по шести точкам, расположенным стандартно (рис. 3) [2];

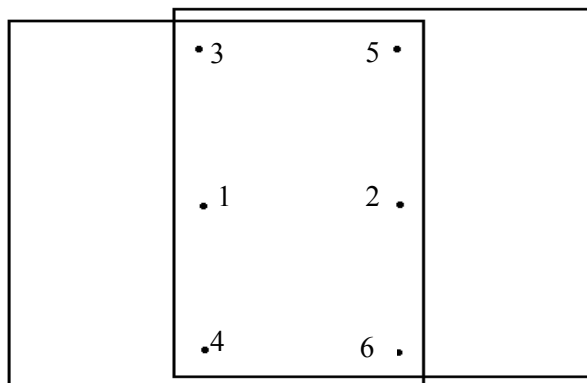


Рис. 3. Расположение привязочных точек на аэрофотоснимках

3) наложение изображений и получение цифрового анаглифического стереоизображения выполняется с использованием графического редактора;

4) внешнее ориентирование стереоизображения выполняется путем привязки растрового изображения к опорным точкам. В качестве опорных точек могут служить пересечения границ кварталов, дорог, четко видимых ориентиров и т. д. При этом для уменьшения искажений привязку каждого квартала желательно выполнять отдельно. Выбор опорных точек зависит от местонахождения плоскости проецирования.

В результате проведенных операций (взаимного ориентирования снимков и цветовых преобразований) получают цифровое анаглифическое стереоизображение, на основе которого можно выполнять контурное дешифрирование выделов и векторизацию в стереорежиме с помощью любых растровых или векторных редакторов, а также геоинформационных систем, поддерживающих работу с растровыми изображениями.

Заключение. Результаты проведенных исследований показали, что разработанная методика может быть использована для обработки снимков равнинной или слегка холмистой местности и позволяет проводить контурное дешифрирование насаждений в стереорежиме с использованием любой географической

формационной системы, поддерживающей работу с растровыми изображениями. Преимуществом методики является снижение трудозатрат и стоимости производства лесоустроительных планово-картографических материалов, так как не требуется приобретение дорогостоящих программных продуктов, упрощается процесс производства, уменьшается количество расходных материалов. В настоящее время подобные методы применяются в фотограмметрии при составлении цифровых моделей местности, однако при этом используются высокоточные дорогостоящие фотограмметрические станции. Для целей лесного хозяйства при проведении контурного дешифрирования выделов в связи с отсутствием границ выделов в натуре точность, которую обеспечивает фотограмметрическая станция, не требуется.

Предлагаемая методика может быть использована в РУП «Белгослес» и других лесоустроительных предприятиях, где выполняется контурное дешифрирование насаждений.

Литература

1. Дмитриев, И. В. Лесная авиация и аэрофотосъемка / И. В. Дмитриев, Е. С. Мурахтанов, В. И. Сухих. – М.: Агропромиздат, 1989. – 343 с.
2. Лобанов, А. Н. Фотограмметрия: учеб. для вузов / А. Н. Лобанов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 552 с.
3. Лобанов, А. Н. Фотограмметрия: учеб. для вузов / А. Н. Лобанов, М. И. Буров, Б. В. Краснопецев. – М.: Недра, 1984. – 309 с.
4. Сердюков, В. М. Фотограмметрия: учеб. пособие для карт. спец. ун-тов / В. М. Сердюков. – М.: Высшая школа, 1983. – 351 с.
5. Атрощенко, О. А. ГИС-технологии в непрерывном лесоустройстве / О. А. Атрощенко, А. П. Кулагин, И. Д. Дубовик // Труды БГТУ. Сер. I, Лесн. хоз-во. – 1999. – Вып. VII. – С. 61–64.
6. Атрощенко, О. А. Технология создания автоматизированной системы лесного картографирования / О. А. Атрощенко, А. А. Пушкин // Труды БГТУ. Сер. I, Лесн. хоз-во. – 2002. – Вып. X. – С. 64–70.
7. Тяшкевич, И. Я. Методы обработки данных дистанционного зондирования для создания тематических лесных карт / И. Я. Тяшкевич, М. А. Ильючик, Е. В. Котова // Труды БГТУ. Сер. I, Лесн. хоз-во. – 2003. – Вып. XI. – С. 150–154.
8. Толкач, И. В. Применение GPS и данных дистанционного зондирования поверхности земли для составления картографических материалов / И. В. Толкач // Труды БГТУ. Сер. I, Лесн. хоз-во. – 2003. – Вып. XI. – С. 142–146.