

№ 4 (14). С. 198–203.

13. Цветков В.Я. Логистика информационных потоков в распределенных системах // Наука и технологии железных дорог. 2017. № 1 (1). С. 34–44.

14. Корячко В.П., Перепелкин Д.А. Анализ и проектирование маршрутов передачи данных в корпоративных сетях. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. 236 с.

15. Цветков В.Я., Алпатов А.Н. Управление распределенными транспортными потоками // Государственный советник. 2014. № 3. С. 55–60.

16. Андреев К.П., Терентьев В.В. Информационное моделирование в проектировании транспортных сетей городов // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. 2016. №. 117-2. С. 108–110.

17. Бабичева Т.С. и др. Двухстадийная модель равновесного распределения транспортных потоков // Труды Московского физико-технического института. 2015. Т. 7. №. 3. С. 31–41.

18. Dijkstra E.W. A note on two problems in connexion with graphs // Numerische mathematik. 1959. Т. 1. № 1. С. 269–271.

19. Соколов А.П., Герасимов Ю.Ю. Геоинформационная система для решения оптимизационной задачи транспортной логистики круглых лесоматериалов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2009. №. 3.

20. Дышленко С.Г. Применение ГИС «Панорама» для решения задач в сфере транспорта // Наука и технологии железных дорог. 2017. № 1 (1). С. 51–62.

21. Цветков В.Я., Кужелев П.Д. Железная дорога как геотехническая система // Успехи современного естествознания. 2009. № 4. С. 52.

22. Розенберг И.Н. Пространственное управление в сфере транспорта // Славянский форум. 2015. № 2 (8). С. 268–274.

23. Сафронов Э.А. Транспортные системы городов и регионов – М.: Изд-во АСВ, 2005.

24. Бутов А.В. и др. Транспортные системы. Моделирование и управление. – СПб // Строительство. 2001.

25. Tsvetkov V.Ya. Multipurpose Management // European Journal of Economic Studies. 2012. Vol. (2). № 2. p. 140–143.

26. Хоменюк В.В. Элементы теории многоцелевой оптимизации. – М.: Наука, 1983.

Routing in transport networks

Dyshlenko Sergey G., Ph.D.,

Head of the Department of Geoinformation Technologies

JSC "GC Promtekh", Moscow

The article analyzes the organization of flow movement in transport networks. Paper states that the current state of networks is characterized by the dynamics of changing conditions in the network. this situation requires operational methods of routing the transport network. The article suggests applying methods of routing the transport network using routing methods from the field of communication networks. The article cites the results of the research of Dijkstra's algorithm for solving routing problems in the transport network. The article notes the limitation of the application of graph theory to the analysis of large-scale transport networks.

Keywords: transport network, routing, information situation, network dynamics, graphs, Dijkstra algorithm.

УДК 528.02; 528.06

СЛОЖНОСТЬ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

Владимир Владимирович Ознамец, канд. тех. наук, профессор, зав. кафедрой

E-mail: econpr@miigaik.ru

Московский государственный университет наук о Земле и картографии (МИИГАиК)

<http://miigaik.ru/>

Цель работы - исследование сложности в науках о Земле на примере геодезических преобразований. Проводится анализ сложных систем в науках о Земле на ряде практических примеров. Показано различие между сложной системой и простой си-

стемой. Описаны особенности сложности в науках о Земле. Раскрыто понятие организационная сложность. Описаны особенности сложности вычислительных методов в науках о Земле. Рассмотрены примеры сложных координатных преобразований.

Ключевые слова: сложность, науки о Земле, сложные системы, вычисления, теория сложности.

1. Введение

Предметом исследования в науках о Земле [1] являются объекты и явления на земной поверхности, подземные сооружения, недра, запасы полезных ископаемых, околоземное космическое пространство [2]. Современная наука



Ознаменец В.В.

о Земле решает множество научных и практических задач. Они включают ряд дисциплин, из которых можно выделить: геологию, фотограмметрию, картографию, геоинформатику, высшую геодезию, геодинамику, космическую геодезию, геодезическую астрономию [3], гравиметрию, топографию, морскую геодезию [4], теорию математической обработки измерений. Кроме того, наряду с исторически традиционными направлениями, в науках о Земле развивают специальные направления: теорию баз пространственных данных, различные виды мониторинга [5-9], автоматизированный кадастр, цифровое моделирование [10], до-

полненную реальность [11], интеграцию наук о Земле в геоинформатике [12], различные виды измерений, автоматизация измерений и другие. Теория сложности развивается самостоятельно [13] и в связи с теорией сложных систем. Обобщая опыт применения наук о Земле, можно резюмировать их применение для решения задач пространственного анализа, пространственного моделирования, пространственного моделирования, а также решения задач геосервиса [14].

Современные методы пространственного анализа если их привязывать к задачам сложности связаны с использованием в разной форме сложных систем. Можно выделить следующие типы сложных систем в науках о Земле: сложные системы данных, сложные банки и базы пространственных данных, технологические сложные системы [15], технические сложные системы, сложные организационно-технические системы, сложные информационные системы [16], сложные измерительные системы [17], сложные вычислительные алгоритмы, сложные координатные преобразования, сложные навигационные спутниковые системы и др. Кроме того, в этой области встречаются комбинации сложных систем, например, сложные системы данных и технологий, сложные организационные и технологические системы и т.д. Многообразие сложных систем обуславливает многообразие видов сложности и многообразие признаков сложности. Современный термин «сложность» связан с эмерджентностью, бифуркацией, диссипацией, когнитивными характеристиками, не структурированностью, не однозначностью, не сходимостью и т.д. Исследование сложности в науках о Земле проводится не активно, поэтому является актуальным.

2. Материалы и методы.

В качестве материалов использованы публикации по развитию геодезической науки и технологии. В качестве методов использовался системный и качественный анализ.

3. Результаты исследований

3.1. Примеры сложных систем в науках о Земле

Не всякая система является сложной. Понятие сложности также меняется с течением времени. Что было сложным 30 лет назад может быть не сложным в настоящее время. Поэтому понятие сложность надо рассматривать с оппозиционных позиций [18] «сложность – не сложность» и с признаковых позиций и когнитивных позиций [19]. Приведем примеры систем, которые не являются сложными. Это оптические системы, координатная система, операционные системы в вычислительной технике, файловые си-

стемы, реляционные базы, номенклатуры, справочники, ГОСТы, каталоги координат, классификаторы, системы условных знаков, и другое.

Геодезическая сеть является характерным примером сложной системы в науках о Земле. Она представляет собой систему точек на земной поверхности [1], положение которых определено в некоторой единой системе координат на основании геодезических измерений. Геодезические сети разделяют на плановые и высотные и строят по принципу перехода от общего к частному, т.е. от сетей с большими расстояниями между пунктами и высокоточными измерениями к сетям с меньшими расстояниями и менее точными измерениями. Геодезические сети подразделяют на четыре вида: государственные, сгущения, съемочные и специальные. Плановая государственная геодезическая сеть строится с использованием спутниковых методов измерений. Высотная государственная геодезическая сеть создается для распространения по всей территории страны единой системы высот. Геодезическая сеть сгущения строится для дальнейшего увеличения плотности (числа пунктов, приходящихся на единицу площади) государственных сетей. Плановые сети сгущения по точности и плотности подразделяются на 1-й и 2-й разряды. Съемочные сети – это тоже сети сгущения, но с еще большей плотностью. На этом примере видно, что такая сложная система включает в себя более простые сложные системы и может трактоваться как триада надсистема, система и подсистема.

Примером сложной технико – технологической системы в науках о Земле является глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) – спутниковая радионавигационная система для определения местоположения пунктов геодезической сети в обще-земной системе координат [1, 17].

Примером сложной технологической системы в науках о Земле является Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ) – комплекс нормативных документов межрегионального и межотраслевого уровней, устанавливающих правила, нормы, требования, направленные на достижение и поддержание единства измерений в стране, утверждаемых национальным органом по стандартизации [1].

Примером сложной системы данных и технологической системы в науках о Земле является Государственный земельный кадастр. Он представляет собой [1] систематизированный свод документированных сведений, получаемых в результате проведения государственного кадастрового учета земельных участков, о местоположении, целевом назначении и правовом режиме земель Российской Федерации, сведений о территориальных зонах и наличии расположенных на земельных участках и прочно связанных с этими земельными участками объектов. Государственный земельный кадастр содержит сведения о кадастровой стоимости, размерах земельных участков и прочно связанных с ними объектов.

Примером сложной технологической системы является Государственный мониторинг континентального шельфа – в РФ – система регулярных наблюдений за состоянием морской среды и донных отложений, в том числе за показателями химического и радиоактивного загрязнения, микробиологическим и гидробиологическим параметрами и их изменениями под влиянием природных и антропогенных факторов. основой мониторинга является геоинформационный мониторинг [7], глобальный мониторинг и космический мониторинг [8].

Примером сложной системы данных являются «данные геодезические» [1] – обобщенная категория информации, получаемая путем сбора, систематизации, анализа и математической обработки материалов топографо-геодезических работ. Данные геодезические и гравиметрические исходные – результаты геодезических и гравиметрических определений. Исходные геодезические и гравиметрические данные служат исходной основой для составления топографических и специальных карт, выполнения геодезических, топографических и картографических работ. Сложность этой системы обусловлена в первую очередь организационными причинами и во вторую – объемом данных. В СССР и в РФ многие организации собирали геодезические данные независимо.

В силу этого возникали множество фондов с геодезическими данными, которые обладают разной степенью точности и актуальности. Это создает специфическую сложность сопоставимости этих данных. Одним из методов решения этой проблемы является создание инфраструктуры пространственных данных (ИПД) [20].

Примером сложной технологической системы является Единое информационное пространство (ЕИП) [1] – сложная система, содержащая связанные информационной сетью элементы пространства; информационные ресурсы, технологии их обмена и использования; хранилища информационных ресурсов; систему согласованных стандартов информационного обмена и технологий. ЕИП является результатом информатизации общества.

Примером сложной организационно технической системы в науках о Земле может служить геодезическое образование, которое включает разные формы: традиционное лекционное образование [21], дистанционное образование [22], виртуальное образование [23, 24]. При этом сложность обусловлена социальными, профессиональными и когнитивными факторами. Они связаны с паралингвистическими методами передачи информации, с психофизическими факторами познания [25], с информационной асимметрией в образовании [26], с получением и применением специальной формы знания геознания [27].

Организационная сложность. Построения геодезических сетей в городах связано с многопрофильной деятельностью различных городских организаций, у которых существует информационная потребность в разнообразной геодезической информации. Различные задачи предъявляют различные требования к плотности и местам расположения пунктов сети, а также к точности координатных определений.

Разнообразие задач ведомственных организаций и требований к информации привело к тому, что на территориях городов стали создаваться различные независимые геодезические сети. Эти сети во многих случаях базировались на различных, слабо согласованных друг с другом координатных системах. Эти сети во многих случаях используют различные исходные данные. Поэтому преобразования координат пунктов из одной независимой координатной системы в другую одна из типичных задач в прикладной геодезии. Все геодезические системы координат делят на три типа: - государственные, общеземные, местные системы координат. Именно при работе с местными возникает организационная сложность их взаимного преобразования.

На этом можно приостановить описание примеров, поскольку в реальности список этот можно продолжать. Главное выделить признаки и особенности таких сложных систем.

3.2. Сложные вычислительные процедуры в науках о Земле

Примером сложных вычислительных процедур являются модели уравнивания больших сетей, в которых возникает необходимость работы с матрицами, включая их обращение с тысячами и десятками тысяч элементов по строкам матрицы. Примером сложных вычислительных процедур являются преобразования между системами координат.

Сложность преобразования координат

Эта задача состоит в том, что X_A, Y_A, Z_A , координаты точек в исходной системе A необходимо преобразовать в X_B, Y_B, Z_B , координаты точек в новой системе B [28].

Метод Гельмерта. Для преобразования координат пункта из одной системы отсчета в другую чаще всего применяют формулы преобразования Гельмерта (Helmert) по семи параметрам. Данный способ является итерационным. Он использует 7 параметров: три параметра взаимного линейного ориентирования, три параметра углового взаимного ориентирования и масштабный множитель, учитывающий разницу в расстояниях на поверхностях эллипсоидов.

Вычисления прямоугольных пространственных координат в систему B проводятся по упрощенным формулам:

$$\begin{cases} X_B = X_A + Y_A \omega_Z - Z_A \omega_Y + \Delta X \\ Y_B = Y_A + Z_A \omega_X - X_A \omega_Z + \Delta Y \\ Z_B = Z_A + X_A \omega_Y - Y_A \omega_X + \Delta Z \end{cases} \quad (1)$$

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ - сдвиг начала новой системы координат относительно начала старой.

Углы поворота вокруг соответствующих осей координат $\omega_x, \omega_y, \omega_z$. Окончательная точность зависит от точности линейных элементов взаимного ориентирования референц-эллипсоидов. В последние годы геодезические службы ряда держав выполнили дополнительные наблюдения с целью определения с высокой точностью величин 7 параметров. Эти величины для ряда геодезических систем стали публиковаться в открытых зарубежных источниках. Отсутствие точных параметров сдерживало широкое применение способа Гельмерта. Поэтому были разработаны альтернативные способы преобразования координат, которые не учитывали линейные и угловые элементы взаимного ориентирования или учитывали их опосредованно.

Способ Ратпа. Ратпа (Rapp) в 1981 году предложил подход к решению задач преобразования и разработал несколько вычислительных процедур. Особенность способа Ратпа заключается в учете начальных азимутов геодезических систем. Способ Ратпа относится к способам прямого вычисления координат. Общий вид этого способа описан выражением [29].

$$X_B = X_A + dX + R(\omega, \varepsilon, \psi) X_A + dL X_A + dA R(\phi_0, \lambda_0) (X - X_1) + dS R(\phi_1, \lambda_1, \alpha_0) \quad (2)$$

X_B - вектор-столбец искомых прямоугольных координат геодезической системы ГС2; X_A - вектор-столбец известных прямоугольных координат геодезической системы ГС1; dX - вектор - столбец линейных элементов сдвига начала новой системы координат относительно начала старой, то есть центра эллипсоида геодезической системы ГС2 до центра эллипсоида геодезической системы ГС1; $R(\omega, \varepsilon, \psi)$ матрица углов поворота осей первой геодезической системы до осей второй; $dA R(\phi_0, \lambda_0) (X - X_1)$ - поправки за влияние ориентации начальных азимутов геодезических систем; $dL X_A$ - изменение масштабов; $dS R(\phi_1, \lambda_1, \alpha_0)$ - поправки за изменение расстояний на эллипсоидах при переходе от одной геодезической системы к другой.

В настоящее время апробированы несколько вычислительных алгоритмов, реализующих способ Ратпа. Все они отличаются большой сложностью. Они реализованы в спутниковых приемниках и в ряде ГИС, а также в приемниках, используемых в морской геодезии и навигации. Чаще всего вычисления способом Ратпа применяются в ситуациях, когда на территории одного и того же государства одновременно используются две и более астрономо-геодезические системы. Тогда, как правило, параметры их взаимного расположения известны с высокой точностью, что обуславливает высокую точность при переходе от координат системы А к координатам системы В.

Способ 10 параметров (Молоденский-Бадекас). В этом способе точка поворота координат выбирается из необходимости достижения максимальной точности преобразования. Поэтому по сравнению со способом Гельмерта число параметров увеличивается на три. Как в способе Гельмерта, в этом способе происходит переход от геодезических координат к пространственным прямоугольным. Затем вычисляются декартовы координаты геодезической системы, в которую осуществляется переход по следующей формуле:

$$\begin{pmatrix} X_T \\ Y_T \\ Z_T \end{pmatrix} = M \times \begin{pmatrix} 1 & R_Z & -R_Y \\ -R_Z & 1 & R_X \\ R_Y & -R_X & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} X_S - X_P \\ Y_S - Y_P \\ Z_S - Z_P \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X_P \\ Y_P \\ Z_P \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} \quad (3)$$

В выражении (3): X_T, Y_T, Z_T - искомые прямоугольные координаты (аналоги X_B, Y_B, Z_B). $M =$

$1+\Delta m$, где Δm - масштабный коэффициент, учитывающим изменение линейных масштабов на поверхностях референц-эллипсоидов, принадлежащих данным геодезическим системам. Величины R_X, R_Y, R_Z - матрицы вращения вокруг осей X, Y, Z соответственно, X_S, Y_S, Z_S - прямоугольные координаты точки на поверхности Земли в исходной системе координат. Величины X_P, Y_P, Z_P - координаты точки вращения, измеренные относительно начала координат исходной геодезической системы, $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ - параметры линейного отстояния начала координат исходной геодезической системы от начала координат геодезической системы, в которую преобразовываются координаты. Величины $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ и Δm полностью соответствуют аналогичным величинам сдвига способа Гельмерта. Как и в способе Гельмерта линейные смещения $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ задаются в метрах, а Δm - в миллионных долях. Поэтому для подстановки в формулу (3) преобразования величины Δm , взятой из справочных материалов, её надо умножить на 10^{-6} .

Применяется данный способ для преобразования координат на территории одного государства, использующего сразу несколько геодезических систем или переходящего к использованию новой. Погрешность преобразования координат способом 10 параметров достигает несколько сантиметров.

Способ 14 параметров. Данный способ [30] используют для вычисления координат в рамках одной и той же геодезической глобальной геоцентрической системы. Это обусловлено тем, что общепринятые геодезические системы WGS-84, GRS-80 ITRS периодически подвергаются уравниванию. В результате у них заново с высокой точностью вычисляются 7 параметров для преобразования координат способом Гельмерта. Если же необходимо вычислить координаты на текущий момент времени, относящийся к промежутку времени между эпохами уравнивания, то используются ещё 7 параметров, которые представляют собой скорости изменения за год основных 7 параметров. Таким образом, формулы преобразования с помощью 14 параметров имеют следующий вид:

$$\begin{pmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta X + \Delta \dot{X} \times (t - t_0) \\ \Delta Y + \Delta \dot{Y} \times (t - t_0) \\ \Delta Z + \Delta \dot{Z} \times (t - t_0) \end{pmatrix} + R \times \begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{pmatrix} \times \left\{ 1 + \Delta m + \Delta \dot{m} (t - t_0) \right\} \quad (4)$$

$$\text{где } R = \begin{bmatrix} 1 & \left[R_X + R_X \times (t - t_0) \right] & - \left[R_Y + R_Y \times (t - t_0) \right] \\ - \left[R_X + R_X \times (t - t_0) \right] & 1 & \left[R_Z + R_Z \times (t - t_0) \right] \\ \left[R_Y + R_Y \times (t - t_0) \right] & - \left[R_Z + R_Z \times (t - t_0) \right] & 1 \end{bmatrix}$$

Формулы (1) и (4) имеют общий алгоритм вычисления. Параметры, помеченные сверху, означают скорость изменения этого параметра за год. Разность $(t - t_0)$ означает число лет, прошедших от эпохи последнего уравнивания сети пунктов данной геодезической системы. Точность преобразования способа 14 параметров достигает нескольких миллиметров.

Обсуждение. Особенность термина «сложность» в том, что он является связанной сущностью (или атрибутом) и с другой сущностью [31]. Это порождает различные виды сложности. Например, различают виды сложности по связи с объектом: сложность системы (объекта) [32], сложность процесса (действия), сложность явления, вычислительная сложность [33], простая колмогоровская сложность, префиксная сложность [34], сложность ситуации, структурная сложность [31], проектная сложность [35] и т.д. Следовательно, термин «сложность», требует указания связанного объекта, по отношению к которому сложность оценивается. В противном случае оценка сложности будет неадекватной.

Сложности качественно разных сущностей или разных атрибутов могут быть не сопоставимы. Для сложных систем в науках о Земле характерны специфические виды сложности и сама организация таких систем. Уникальной характеристикой является организационная сложность геодезических данных, обусловленная организацией по сбору этих данных и разобщенностью локальных фондов.]. Особенность сложных систем в науках о Земле в том, что они имеют составное определение: технически-технологической сложной системой, сложной системы данных и технологической системы и т.д. Целесообразно развивать теорию сложности [13, 32] применительно к наукам о Земле.

Заключение. Исследование сложных систем в науках о Земле связано с изучением сложности как главной характеристики таких систем. Однако за весь период развития в науках о Земле до настоящего времени этому вопросу уделяется мало внимания. Это обуславливает актуальность данного направления. Работы по системному анализу применяют в науках о Земле, но специальный класс сложных систем в науках о Земле не выделяют. Соответственно не изучают факторы, которые влияют и создают сложность геодезических систем. Сложные системы в науках о Земле являются разновидностью сложных систем. Сложная система вычислений в науках о Земле функционирует с использованием технических систем. Это связывает понятие сложности с технической сложностью. Поэтому эффективность сложной системы в науках о Земле зависит от свойств технической системы, внутри которой она функционирует. В целом теория сложных систем в этой области требует дальнейшего развития.

Литература

1. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр: Энциклопедия. В 2-х т. / Под ред. А.В. Бородко, В.П. Савиных. – М.: ООО «Геодезкартиздат», 2008. Т. 1: А–М. 496 с.
2. *Barmin I.V., Kulagin V.P., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya.* Near Earth Space as an Object of Global Monitoring // *Solar System Research*. 2014. Vol. 48. No. 7. pp. 531–535.
3. *Господинов Г.С.* Геодезическая астрономия и космическая геоинформатика // *Наука и технологии железных дорог*. 2017. № 1 (1). С. 45–50.
4. *Глумов В.П.* Основы морской геодезии: Учебное пособие. – М.: Недра, 1983.
5. *Кузнецов П.Д.* Мониторинг пожаров // *Славянский форум*. 2015. № 2 (8). С. 143–152.
6. *Маркелов В.М., Цветков В.Я.* Геомониторинг // *Славянский форум*. 2015. № 2 (8). С. 177–184.
7. *Цветков В.Я.* Геоинформационный мониторинг // *Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка*. 2005. № 5. С. 151–155.
8. *Романов И.А.* Геоинформационный космический мониторинг // *Образовательные ресурсы и технологии*. 2015. № 2 (10). С. 131–137.
9. *Затягалова В.В.* Геоэкологический мониторинг загрязнений моря по данным дистанционного зондирования // *Образовательные ресурсы и технологии*. 2014. № 5 (8). С. 94–99.
10. *Замышляев А.М.* Эволюция цифрового моделирования // *Наука и технологии железных дорог*. 2017. № 1 (1). С. 82–91.
11. *Дышленко С.Г., Цветков В.Я.* Развитие дополненной реальности // *Науки о Земле*. 2017. № 1. С. 69–78.
12. *Максудова Л.Г., Савиных В.П., Цветков В.Я.* Интеграция наук об окружающем мире в геоинформатике // *Исследование Земли из космоса*. 2000. № 1. С. 46–50.
13. *Адигеев М.Г.* Введение в теорию сложности - Ростов-на-Дону, РГУ, 2004. 35 с.
14. https://www.oxera.com/Oxera/media/Oxera/downloads/reports/What-is-the-economic-impact-of-Geo-services_1.pdf дата доступа 12.11. 2017.
15. *Матчин В.Т.* Обновление в сложной технологической системе // *Славянский форум*. 2017. № 3 (17). С. 62–68.
16. *Монахов С.В., Савиных В.П., Цветков В.Я.* Методология анализа и проектирования сложных информационных систем. - М.: Просвещение, 2005. 264 с.
17. *Генике А.А., Побединский Г.Г.* Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в науках о Земле. – М.: Картгеоцентр, 2004. 355 с.
18. *Tsvetkov V.Y.* Correlative analysis and opposition variables // *European Journal Of Natural History*. 2014. № 1. С. 48–52.
19. *Чехарин Е.Е.* Картина мира как когнитивная модель // *Славянский форум*. 2016. № 4 (14). С. 290–296.

20. Савиных В.П., Соловьёв И.В., Цветков В.Я. Развитие национальной инфраструктуры пространственных данных на основе развития картографо-геодезического фонда Российской Федерации // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2011. № 5. С. 85–91.
21. Майоров А.А. Интеграция геодезического образования // Образовательные ресурсы и технологии. 2015. № 3 (11). С. 103–110.
22. Бутко Е.Я. Эволюция дистанционного образования // Дистанционное и виртуальное обучение. 2016. № 5. С. 53–61.
23. Цветков В.Я. Когнитивные аспекты построения виртуальных образовательных моделей // Перспективы науки и образования. 2013. № 3. С. 38–46.
24. Васютинский И.Ю. Особенности синтеза виртуальной и реальной практики в области наук о Земле // Перспективы науки и образования. 2013. № 3. С. 47–54.
25. Ожерельева Т.А. Особенности тестирования специалистов в области наук о Земле // Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 7. С. 135–136.
26. Васютинская С.Ю. Информационная асимметрия в образовательных технологиях // Образовательные ресурсы и технологии. 2016. № 4 (16). С. 14–20.
27. Кулагин В. П., Цветков В. Я. Геознание: представление и лингвистические аспекты // Информационные технологии. 2013. № 12. С. 2–9.
28. Морозов В.П. Курс сфероидической геодезии. Изд. 2. – М.: Недра, 1979. 296 с.
29. Комаровский Ю.А. Использование различных референц-эллипсоидов в судовождении: Учеб. пособие. Изд. второе, перераб. и дополн. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2005. 341 с
30. John Dawson and Jim International Terrestrial Reference Frame (ITRF) to GDA94 Coordinate Transformations Steed Minerals and Geohazards Division Geoscience Australia Version 01.03.2004
31. Tsvetkov V.Ya. Complexity Index // European Journal of Technology and Design. 2013. V. 1. № 1. p. 64–69.
32. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. – М.: Мир, 1990. 343 с.
33. Толстых С.С. Разработка алгоритмического и программного обеспечения вычисления рекурсивных функций структурной сложности / С.С. Толстых, А.Г. Клещев // Труды ТГТУ. – 1999. Т. 4. № 2–3. С. 135–138.
34. Вьюгин В.В. Колмогоровская сложность и алгоритмическая случайность. – М.: ИППИ РАН, 2012. 131 с.
35. Солодовников В.В. Теория сложности и проектирование систем управления. (Теория и методы системного анализа) / Тумаркин В.И. – М. Наука, 1990. 168 с.

Complexity in the Earth Sciences

*Oznamets Vladimir Vladimirovich, PhD, Professor, Head of the chair
Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAik)
Gorochovsky line, 4. Moscow, Russia*

The purpose of the work is to study the complexity in the Earth sciences using the example of geodetic transformations. Paper analyzes complex systems in the Earth sciences on a number of practical examples. Paper describes the difference between a complex system and a simple system. The article describes the features of complexity in the Earth sciences. The article reveals the notion of organizational complexity. The features of the complexity of computational methods in the Earth sciences are described. The article describes examples of complex coordinate transformations.

Keywords: complexity, Earth sciences, complex systems, calculations, complexity theory.

УДК 004.5; 378.1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАДАСТРОВЫЕ СИСТЕМЫ

Наталья Николаевна Сельманова, доцент

E-mai: cvdisser@list

Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК).

<http://miigaik.ru/>

Цель работы - исследование технологической кадастровой системы. Проводит-