



УДК 004.932

Д.Ж. Касымханова, Н.Ф. Денисова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ШУМОПОДАВЛЕНИЯ
В ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ РАСПОЗНАВАНИЯ СИМВОЛОВ**

Современное состояние развития информационных технологий и информационных систем приводит к появлению новых методов, а также модернизации старых методов по решению различных задач производства, управления, политики, бизнеса и других сфер человеческой жизни. Поэтому в государственной программе «Информационный Казахстан-2020», утвержденной Указом Президента Республики Казахстан (РК), № 464 от 8.01.2013 г. внедрение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) для улучшения качества и условий жизни населения занимает основное место.

В связи с непрерывным ростом населения, увеличением потребления растет и количество транспортных средств, что ведет к ужесточению требований к обеспечению контроля безопасности дорожного движения, необходимости быстрой и точной идентификации транспортных средств на пропускных пунктах, определения автомобиля нарушителя движения. В связи с этим важнейшим приоритетом в соответствии с государственной программой является создание «умной» транспортной системы с помощью современных интеллектуальных технологий, базирующихся на специализированном математическом обеспечении. Одним из элементов «умной» транспортной системы должна стать фотовидеофиксация нарушений правил дорожного движения, которая является основой для информационно-аналитических систем распознавания символов номерных знаков транспортных средств [1]. Также несомненную важность решения вопросов транспортных потоков и дорожной инфраструктуры подтверждают 58 и 65 шаги Плана нации - 100 конкретных шагов по реализации пяти институциональных реформ Главы государства Нурсултана Назарбаева.

На современном этапе развития информационных технологий и систем создано уже много успешных систем по распознаванию номерного знака транспортных средств, однако их бесперебойное и безошибочное функционирование нуждается в дорогостоящих аппаратных средствах, а также высокоскоростных каналах передачи данных. Такое оборудование нерационально использовать на объектах с небольшим трафиком (придомовые территории), не всегда возможно их своевременное техническое обслуживание (недостаток комплектующих, суровые погодные условия) и т.д.

В результате, вследствие несовершенства формирующих и регистрирующих систем, а также из-за помех при передаче данных и других неблагоприятных условиях при получении изображений транспортного средства может возникать зашумление. При наличии шумов на изображении процент успешной работы множества алгоритмов процесса распознавания символов начинает снижаться. Таким образом, разработка увеличивающих четкость и улучшающих качество изображений моделей и методов преобразования изоб-

ражений для удаления шума для информационно-аналитических систем распознавания символов является актуальной и практически значимой задачей.

В цифровой обработке изображений существует много видов шума, которые ведут к ухудшению изображения сравнительно к его первоначальному представлению. Необходимо рассмотреть следующие наиболее распространенные виды шумов, которые, по мнению авторов, могут появляться в двумерных сигналах:

- тепловой шум характеризуется математической моделью аддитивного белого шума с гауссовским распределением вероятностей;

- дробовый шум характеризуется математической моделью шума с распределением Пуассона;

- гранулированный шум (спекл) характеризуется математической моделью мультипликативного шума с распределением вероятностей гамма-функции;

- шум пропущенных отсчетов сигнала (шум «соль и перец») характеризуется случайным отбросом отдельных отсчетов изображения и переопределения их максимального или минимального значения.

Тепловой шум впервые был описан в работах Джонсона и Найквиста [2, 3] как помехи в твердых телах и газах. Тепловой шум в вероятностной модели описывается как случайная переменная гауссовской функции плотности вероятности:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где μ – математическое ожидание, а σ – среднеквадратичное отклонение распределения. В связи с этим, показанная выше модель, описывающая деградацию сигнала тепловым шумом, будет аддитивная модель, выраженная уравнением:

$$x[n_1, n_2] = f[n_1, n_2] + w[n_1, n_2], \quad (2)$$

где $x[n_1, n_2]$ и $f[n_1, n_2]$ – соответственно наблюдаемое значение и значение опорного изображения для данного отсчета сигнала; $w[n_1, n_2]$ – это аддитивное значение, зашумляющее опорное изображение в данном примере.

Дробовый шум в полупроводниковых системах был открыт Шоттки. Данный шум характеризуется дискретным распределением вероятностей Пуассона в виде:

$$p(\lambda, k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}, \quad (3)$$

где λ – математическое ожидание распределения; k – определяет количество появления данного события.

Гранулированный шум обнаруживается в когерентных системах получения изображений. Мультипликативный характер гранулированного шума означает, что он зависит от значения отсчетов опорного изображения. Наиболее подходящим распределением вероятностей, которое представляет гранулированный шум, является гамма-распределение [4]:

$$p(x, k, \theta) = x^{k-1} \frac{e^{-x/\theta}}{\theta^k \Gamma(k)} \text{ для } x \geq 0, \quad k, \theta > 0, \quad (4)$$

где k – коэффициент (параметр) формы; θ – параметр масштаба; $\Gamma(k)$ – гамма функция (Эйлера).

Шум пропущенных отсчетов сигнала – это явление, которое может происходить в результате ошибок во время передачи или чтения сигнала. Он характеризуется полным

устранением значений для данных отсчетов изображения. Устраненное значение заменено на значение наибольшее или наименьшее. В литературе [5] этот шум часто выступает под названием «соль и перец» (Salt and Pepper), данный шум может иметь случайный характер.

Сигнал, детерминированный или случайный, описывают математической моделью, функцией, характеризующей изменение параметров сигнала, в частности изображение в математическом представлении – это двумерный сигнал. Во многих прикладных направлениях актуальны задачи поиска базисов, разложения по которым наилучшим образом описывают элементы пространства, характер функции, описывающей сигнал. Общепринятый базис Фурье хорошо выделяет частоты, но не даёт информации о резких и коротких всплесках и вообще о локальном поведении функции, также желательно, чтобы элементы базиса были лучше локализованы по времени. Такими свойствами обладают вейвлет-функции.

Термин «вейвлет» (wavelet) (можно перевести как «маленькая волна») был впервые введен А. Гроссманом и Ж. Морле, которые занимались изучением сейсмических сигналов. Данный термин отражает главное отличие вейвлетов от тригонометрических функций, которые используются в классическом преобразовании Фурье – это их локальность по времени. Поэтому, если преобразование Фурье вычисляется с помощью растяжений единственной функции, то вейвлет-преобразование применяет растяжения и сдвиги базового вейвлета. Вейвлет-преобразование есть скалярное произведение анализирующего вейвлета на заданном масштабе и анализируемого сигнала, вейвлет-коэффициенты содержат комбинированную информацию об анализирующем вейвлете и анализируемом сигнале.

Теория вейвлетов начала активно развиваться в 80-90-е годы XX века, были разработаны основные численные алгоритмы вейвлет-преобразования. Основоположниками теории вейвлетов можно считать И. Мейера, И. Добеши, С. Малла, Р. Койфмана, А. Коэна и других ученых. Ряд вероятностных аспектов теории вейвлет-разложения рассмотрен в труде С. Малла, а также в монографиях Б. Видаковича [6], В. Хардла [7] и книге А.А. Кооновского и А.Е. Храмова [8].

Вейвлеты открывают новые подходы в сокращении избыточной информации и в очистке изображений от шума. Работу вейвлет-преобразования упрощенно можно описать следующим образом: в основу вейвлет-преобразования положено разложение произвольного сигнала (функции) по некоторому ортонормированному базису, построенному на основе вейвлет-функций (со свойствами частотно-временной локализации и масштабируемости). Одной из наиболее простых реализаций дискретного вейвлет-преобразования является банк фильтров (совокупность фильтров декомпозиции и реконструкции). После выполнения вейвлет-преобразования можно применять методы удаления шума, хорошо работающие для данного преобразования. Для применения вейвлет-преобразования необходимо показать связь между моделями шума и коэффициентами данного преобразования.

Удаление шума заключается в нахождении оценки \tilde{f} , которая будет наиболее близка к искомой опорной функции f . Значение оценки формируется с помощью оператора принятия решения D , который работает на рассматриваемом сигнале x , что можно представить следующим образом:

$$\tilde{f} = Dx. \quad (5)$$

Мера погрешности оценки – это функция риска, которая принимает вид среднеквадра-

тичной ошибки, т.е.:

$$r(D, f) = E\{\|f - \tilde{f}\|^2\} = E\{\|f - Dx\|^2\} = \sum_n E\{f[n] - D_n x[n]^2\}, \quad (6)$$

где математическое ожидание вычисляется относительно распределения вероятностей шума.

Для двумерных сигналов аддитивная модель шума описывается уравнением (2). После выполнения необходимых преобразований уравнения для выражения данной модели в области отображения и при учете того, что оценка \tilde{F} (в области отображения) будет зависеть от оператора принятия решений $D = a_m$, который, в свою очередь, зависит от значения коэффициентов преобразования $a_m = a_m(X_{\mathcal{B}}[m])$, оценка (отображенный двумерный сигнал) будет описана уравнением:

$$\tilde{F} = \sum_{m=0}^{N-1} a_m(X_{\mathcal{B}}[m]) X_{\mathcal{B}}[m] g_m, \quad (7)$$

а функция риска из зависимости (6) принимает следующий вид:

$$r(D, f) = E\{\|f - \tilde{F}\|^2\} = \sum_{m=0}^{N-1} E\{|F_{\mathcal{B}}[m] - a_m(X_{\mathcal{B}}[m]) X_{\mathcal{B}}[m]|^2\}. \quad (8)$$

Основной проблемой является нахождение соответствующего алгоритма, связывающего оператор принятия решений с коэффициентами преобразования. По уравнению (8) можно отметить, что значение a_m должно быть $|a_m| \leq 1$ в целях уменьшения значения коэффициентов, подвергнутых шуму. Предполагая, что оператор принятия решений a_m не зависит от значения шума, предоставляется возможным определить значение этого оператора, для которого среднеквадратичная ошибка ($r(D, f)$) оценки является наименьшей. После вычисления математического ожидания элемента из функции риска (8) определения его производной и приравнивания его нулю, получаем значение a_m :

$$a_m = \frac{|F_{\mathcal{B}}[m]|^2}{|F_{\mathcal{B}}[m]|^2 + \sigma^2}. \quad (9)$$

Приведенные выше рассуждения опираются на то, что исходное изображение зашумлено аддитивным белым шумом с распределением Гаусса. Эти рассуждения будут также справедливы для шумов, зависящих от значения сигнала (дробовый и гранулированный шум), потому что при применении соответственно метода стабилизации среднеквадратичного отклонения, и, используя свойство натурального логарифма, для этих шумов получается приближенный вид аддитивного белого шума с распределением Гаусса [9, 5]. Для шума «соль и перец» необходим отдельный анализ, базирующийся на основе решения обратной задачи.

Для решения задачи удаления шума с изображений предлагается использовать модернизированный метод вейвлет-преобразования – селективное анизотропное вейвлет-преобразование (САВП). Первая часть САВП – это полосовая фильтрация, которая заключается в декомпозиции функции $f \in L^2(\mathbb{R}^2)$ на две функции $f_1, f_2 \in L^2(\mathbb{R}^2)$. В функции f_1 находятся все ориентации функции f , которые принадлежат диапазону углов $\theta_1 \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right) \cup \left[\pi, \frac{3\pi}{2}\right)$, а в функции f_2 ориентации в диапазоне $\theta_2 \in \left[\frac{\pi}{2}, \pi\right) \cup \left[\frac{3\pi}{2}, 2\pi\right)$. Декомпозиция будет реализована с помощью полосовых фильтров декомпозиции $\hat{h}_0(\omega_1, \omega_2)$ и $\hat{g}_0(\omega_1, \omega_2)$, а для реконструкции функции f будут применены $\hat{h}_1(\omega_1, \omega_2)$

и $\hat{g}_1(\omega_1, \omega_2)$. Эти фильтры выполняют условия полной реконструкции для субдискретизированного банка фильтров [10].

Для любой функции $f \in L^2(\mathbb{R}^2)$, которую можно записать в виде двух функций $f_1, f_2 \in L^2(\mathbb{R}^2)$ селективных по ориентации, формальное определение преобразования САВП принимает вид:

$$\alpha_\mu = \langle f_1, \gamma_\mu \rangle, \quad \beta_\mu = \langle f_2, \gamma_\mu \rangle, \quad (10)$$

где α_μ - коэффициенты, полученные из реализации САВП для ориентаций, находящихся в диапазоне углов $\theta_1 \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right) \cup \left[\pi, \frac{3\pi}{2}\right)$; β_μ - коэффициенты, полученные из реализа-

ции САВП для ориентаций, находящихся в диапазоне углов $\theta_2 \in \left[\frac{\pi}{2}, \pi\right) \cup \left[\frac{3\pi}{2}, 2\pi\right)$, $\gamma_\mu \in L^2(\mathbb{R}^2)$ и есть ортогональная базовая функция; μ - это индекс параметров положения, ориентации и масштаба.

На основе формального определения САВП первым шагом является реализация полосовой фильтрации. Она будет состоять из разделения на две полосы, которые отображают соответственно ориентации, находящиеся в диапазоне углов $\left[0, \frac{\pi}{2}\right) \cup \left[\pi, \frac{3\pi}{2}\right)$ и $\left[\frac{\pi}{2}, \pi\right) \cup \left[\frac{3\pi}{2}, 2\pi\right)$. Схема дискретной реализации полосовой фильтрации представлена на рисунке 1, где $\hat{h}_0(\omega_1, \omega_2)$ и $\hat{g}_0(\omega_1, \omega_2)$ - это фильтры декомпозиции; $\hat{h}_1(\omega_1, \omega_2)$ и $\hat{g}_1(\omega_1, \omega_2)$ - фильтры реконструкции.

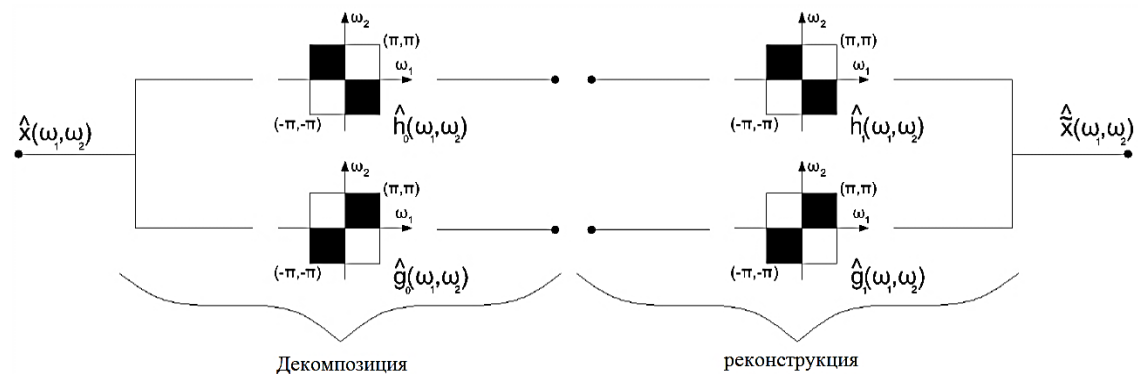


Рисунок 1 - Принципиальная схема реализации полосовой фильтрации

Для построения группы полосовых фильтров используются ромбовидные фильтры (DSF) и геометрические методы дискретизации. Одним из методов, который используется для построения двумерных фильтров DSF, является метод трансформации МкКлеллана [11, 12]. В реализации САВП в преобразовании МкКлеллана, применяется одномерное семейство биортогональных фильтров Ле Галл 5/3 и Коэн-Добеши-Фово 9/7, описанных в

[13, 14]. Следующим методом, возможным для использования в построении ромбовидных фильтров, является метод Фунга, подробно представленный в [15]. После проведения процессов модуляции и оверсемплинга матрицей квинкункс получаются фильтры FSF (Fan shaped filter), которые затем после ротации основного спектра на $-\pi/2$ становятся $|\det Q| = 2$ копиями основного спектра в области $[-\pi, \pi) \times [-\pi, \pi)$.

Анизотропное вейвлет-преобразование как вторая часть САВП основывается на алгоритме Малла и использует кратномасштабный анализа (КМА) [16]. При использовании КМА и соответствующего алгоритма Малла с учетом разделения на две полосы в САВП получаются подпространства, которые содержат параметр ориентации. Рисунок 2 показывает, как подпространство $W_{1,1}^{1,0,1}$ разделяется на подпространства $W_{1,1}^{1,2,1} \oplus W_{1,1}^{1,2,2} \oplus W_{1,1}^{1,2,3} \oplus W_{1,1}^{1,2,4}$, содержащие параметр ориентации.

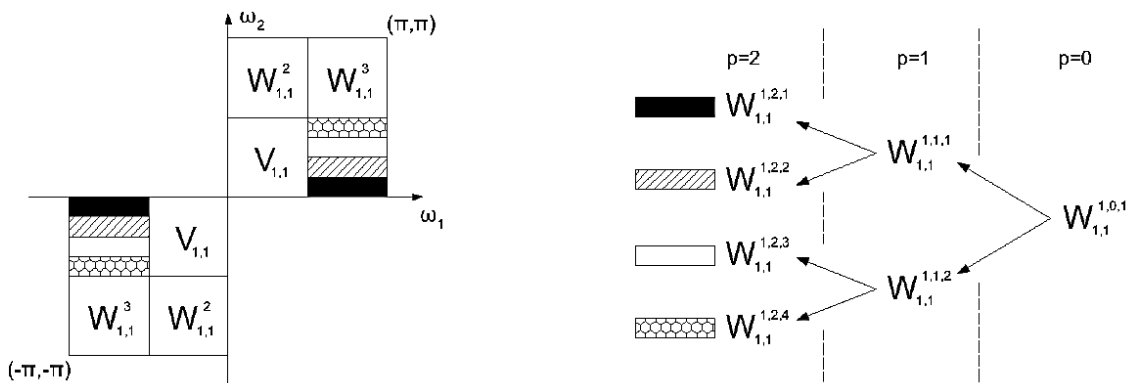


Рисунок 2 - Двухступенчатое ($p = 2$) разделение подпространства $W_{1,1}^{1,0,1}$

Подпространство $W_{1,1}^{1,0,1}$ является дополнением подпространства $V_{1,1}$.

В ходе дальнейшей реализации метода САВП показан процесс создания дискретных ориентаций и их интерпретация, также представлена анизотропность вейвлет-преобразования. Сочетание данных свойств метода САВП дает более четкое представление краев на изображении и соответственно эффективное удаление шумов.

Список литературы

1. Государственная программа «Информационный Казахстан – 2020». URL: http://egov.kz/wps/portal/Content?contentPath=/egovcontent/transport/communications/article/gp_inf_kaz_2020&lang=ru.
2. Johnson J: Thermal Agitation of Electricity in Conductors // Physical Review. – 1928. – Vol. 32, pp. 97-109.
3. Nyquist H. Thermal Agitation of Electric Charge in Conductors // Physical Review. – 1928. – Vol. 32, 110 p.
4. Gagnon L., Jouan A. Speckle Filtering of SAR Images – A Comparative Study Between Complex-Wavelet-Based and Standard Filters // SPIE Proc. conference «Wavelet Applications in Signal and Image Processing V». – 1997. – San Diego.
5. Bovik A. Handbook of Image and Video Processing. Academic Press, 2000
6. Vidakovic B. Statistical modeling by wavelets. John Wiley & Sons, 1999.
7. Hardle W., Kerkycharian G., Picard D., Tsybakov A. Wavelets, approximation and statistical applications // Lecture notes in statistics. – 2000. – Vol. 129.
8. Короновский А.А. Непрерывный вейвлетный анализ и его приложения / А.А. Коронов-

- ский, А.Е. Храмов. – М.: Физматлит, 2003.
9. Beheshti S., Dahleh M.A. Noise variance in signal denoising // IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. – 2003. – Vol. 6.
 10. Zhou J., Do M. N. Multidimensional Oversampled Filter Banks, Wavelets XI // Proc. SPIE, 2005.
 11. McClellan J. H. The Design of Two-Dimensional Filters by Transformations // Proc. 7th Annual Princeton Conf. Information Sciences and Systems. – 1973. – pp. 247-251.
 12. McClellan J.H., Chan D.S.K. A 2-D FIR Filter Structure Derived from the Chebyshev Recursion // IEEE Trans. Circuits and Systems, CAS-24. – 1977. – No. 7. – pp. 372-378.
 13. LeGall D.J., Tabatabai A. Subband coding of digital images using symmetric short kernel filters and arithmetic coding techniques // In Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech and Signal Proc. – New York, NY. – 1988. – pp. 761-765.
 14. Cohen A., Daubechies I., Feauveau J.C Biorthogonal bases of compactly supported wavelets // Comm. Pure & Appl. Math. – 1992. – No. 45(5). – pp. 485-560.
 15. Phoong S. M., Kim C. W., Vaidyanathan P. P., Ansari R. A New Class of Two - Channel Biorthogonal Filter Banks and Wavelet Bases // IEEE Transactions on Signal Processing. – 1995. – Vol. 43. – No. 3
 16. Mallat S. A theory for multiresolution signal decomposition - the wavelet representation // IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1989. – Vol. 11.

Получено 23.05.2016

УДК 004.42

Н.Е. Рамазанова, А.С. Ахмет, С.Т. Токсанбаева

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАССЕЙНА РЕКИ ЖАЙЫК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ ПРОГРАММЫ ARCGIS

В гидрологических, географических и экологических исследованиях очень часто используется операция по разделению территории на бассейны рек, так как речные бассейны могут выступать самостоятельно как основные территориальные единицы при районировании территории, оценке каких-либо факторов и процессов.

Применение бассейнового подхода географически и экологически обосновано. Бассейн - это природная и нередко природно-хозяйственная система, экосистема в природных, естественных границах [1]. Речной бассейн - это часть суши, с которой поверхностные и грунтовые воды поступают в русло реки [2]. Для определения физико-географических описаний бассейна реки необходимо знать сам бассейн реки, его картографические данные, особенности речной сети, его исток и устье, направление течения, водораздел и т.д.

Поэтому для определения бассейна реки используют различные методы. Один из методов - это определение бассейна реки на базе цифровой модели рельефа средствами инструментов 3D Analyst, конвертация и Spatial Analyst Tools программы ArcGis, являющийся наиболее точными для определения бассейна реки, так как используют цифровые модели рельефа (космоснимки).

Цифровые модели рельефа (ЦМР) на сегодняшний день являются современными цифровыми снимками из космоса с изображением любой территории мира. С помощью программы ArcGis можно определить любой объект на определенной территории.

Цифровая модель рельефа – цифровое картографическое представление земной по-

верхности как в виде регулярной сетки высот (DEM), так и в виде нерегулярной сетки треугольников (TIN). ЦМР – это наиболее распространенные цифровые данные формы поверхности Земли. Точность этих данных определяется, в первую очередь, разрешением (расстояние между точками образца). Факторы, влияющие на точность этих данных, – это тип данных (целочисленные или с плавающей точкой) и фактической выборкой поверхности при создании оригинальной ЦМР [3].

Материалы и методы исследования. При определении бассейна реки Жайык используются цифровые модели рельефа (DEM), метод определения бассейна реки на базе цифровой модели рельефа средствами инструментов 3D Analyst, конвертация и Spatial Analyst Tools программы ArcGis.

Решение задачи. Для начала работы с инструментами Spatial Analyst Tools программы ArcGis загружаем цифровую модель рельефа (DEM) (рис. 1).

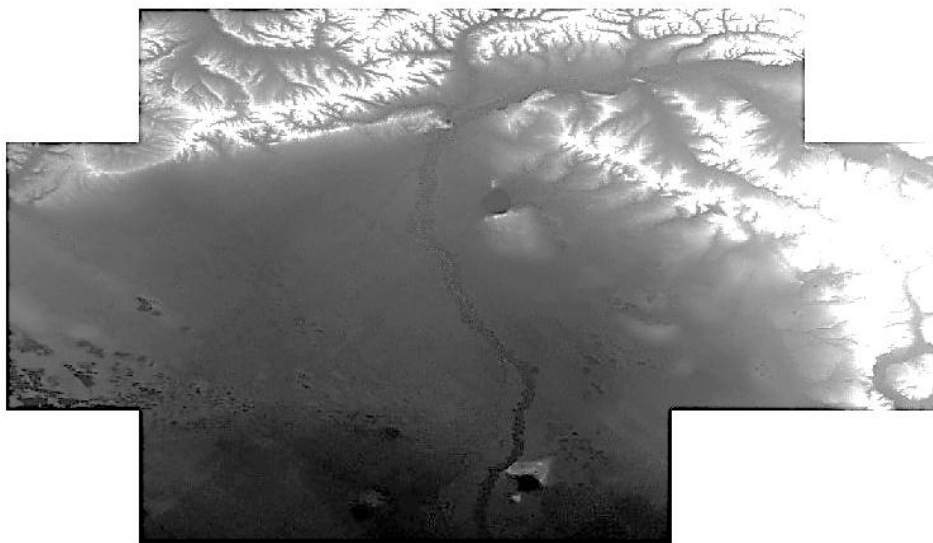


Рисунок 1 - Цифровая модель рельефа (DEM)

Для дальнейшей работы с DEM файлами следует использовать инструменты группы 3D Analyst, конвертация и Spatial Analyst «Гидрология» (Hydrology). Они используются для моделирования потока воды по поверхности. Алгебра карт (Map Algebra) - это способ выполнения пространственного анализа путем создания выражений на алгебраическом языке. С помощью инструмента Калькулятор растра (Raster Calculator) можно легко создать и запустить выражения алгебры карт, которые выдают набор растровых данных [4].

Инструменты из группы «Гидрология» могут применяться по отдельности и использоваться последовательно для построения сети водотоков или выделения водоразделов.

Объектом исследования является река Жайык в пределах Западно-Казахстанской области. С помощью инструментов 3D Analyst, Spatial Analyst и конвертации определяют бассейн реки Жайык.

В Arc Toolbox Инструменты Spatial Analyst выбирают «Гидрология» (Hydrology) операцию «Заполнение» (Fill) (рис. 2). Затем заполняют окно «Заполнение», далее выбирают DEM файл для входного растра поверхности (рис. 3).

Для определения бассейна выполняют следующие операции: заполнение (Fill) (рис. 5),

направление стока (Flow Direction) (рис. 6), вычисляют суммарный сток (Flow Accumulation) (рис. 7), растр калькулятор (Raster Calculator) (рис. 8), порядок водотока (Stream Order), интерполируют форму (Interpolate Shape), определяют водораздел (Watershed) и в результате получают бассейн реки [5].

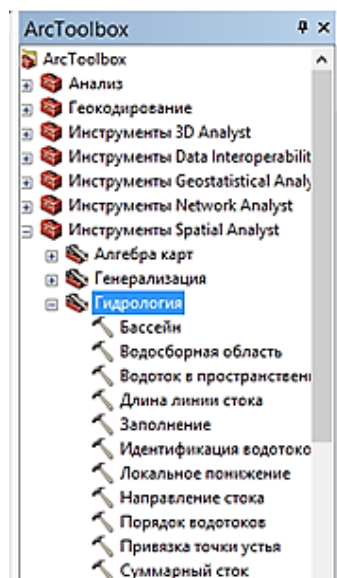


Рисунок 2 - Arc Toolbox –
Инструменты Spatial Analyst –
«Гидрология»

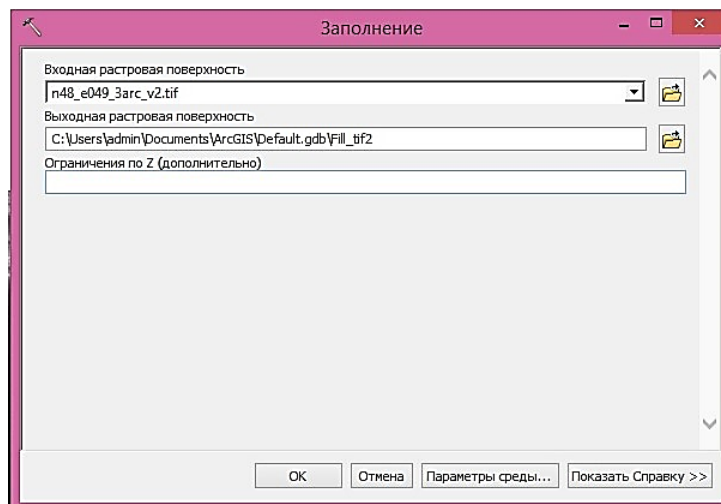


Рисунок 3 - Операция «Заполнение» (Fill)

Операция «Заполнение» выполняет локальные понижения в растре поверхности для удаления всех небольших ошибок и неточностей, присущих данным. Локальное понижение – это ячейка с неопределенным направлением стока; вокруг нее не существует ячеек меньшей, чем у этой ячейки, высотой. Точка устья - это пограничная ячейка с наименьшей высотой для водосборной области локального понижения. Если бы локальные понижения были заполнены водой, в этих точках вода «утекала бы» с поверхности. Ограничение z задает максимальное допустимое различие между глубиной понижения и точкой устья и определяет, какие понижения заполнятся, а какие нет [6]. Ограничение по z не является значением максимальной глубины, до которой будет заполнено локальное понижение (рис. 4, 5).



Рисунок 4 - До операции заполнения

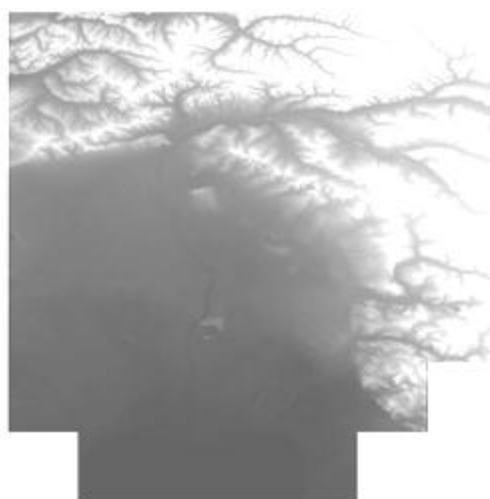


Рисунок 5 - После операции заполнения

Далее выполняют операцию «Направление стока», входной растровой поверхности выбирают полученный файл «Заполнение».

В итоге, получается созданный растр направления стока. Из каждой ячейки, лежащей соседней ячейки вниз по склону наибольшей крутизны, получают направление стока (рис. 6).

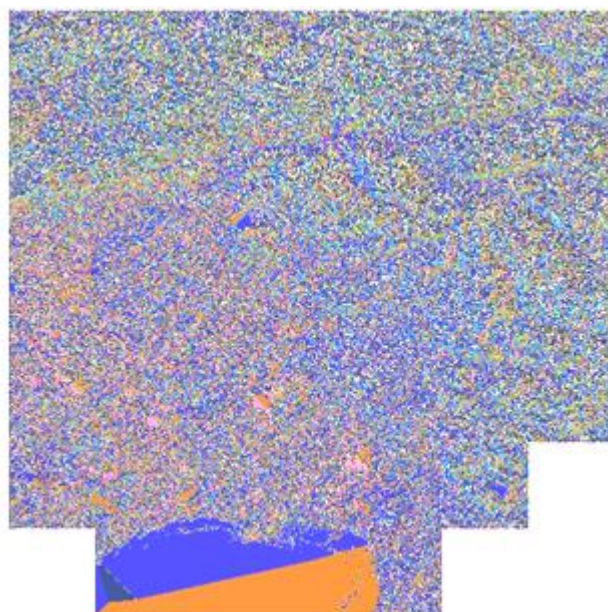


Рисунок 6 - Операция «Направление стока»

Суммарный сток (Flow Accumulation) создает растр потока накопления в каждую ячейку. Можно дополнительно применить фактор веса в зависимости от задачи хода работы. Выполнив операцию «Суммарный сток», получают следующую карту (рис. 7). Входным растром направления стока, как говорит самоназвание, является «Направление стока».

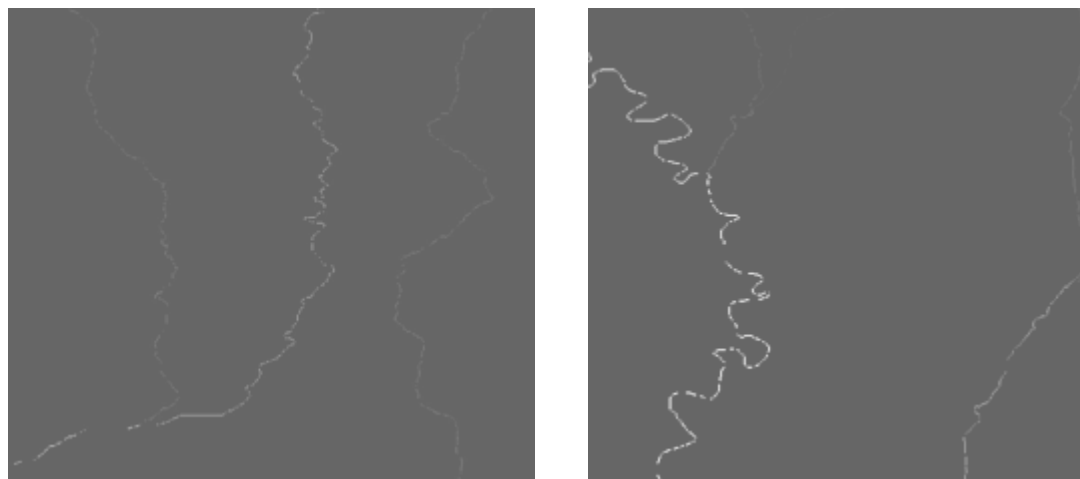


Рисунок 7 - Операция «Суммарный сток»

Следующее действие «Калькулятор растра» – этот инструмент строит и выполняет выражение Алгебры карт с использованием синтаксиса Python в интерфейсе, подобно калькулятору. Выбирают условия и слой (рис. 8), вычисляют, нажав ОК. Слой («FlowAcc» > 1000,1) (рис. 9).

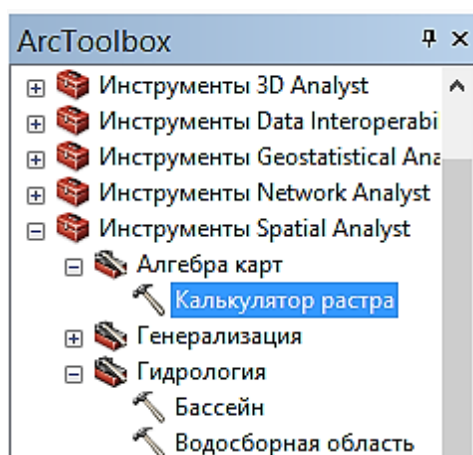


Рисунок 8 - Arc Toolbox - Инструменты - Spatial Analyst - Алгебра карт - Калькулятор растра

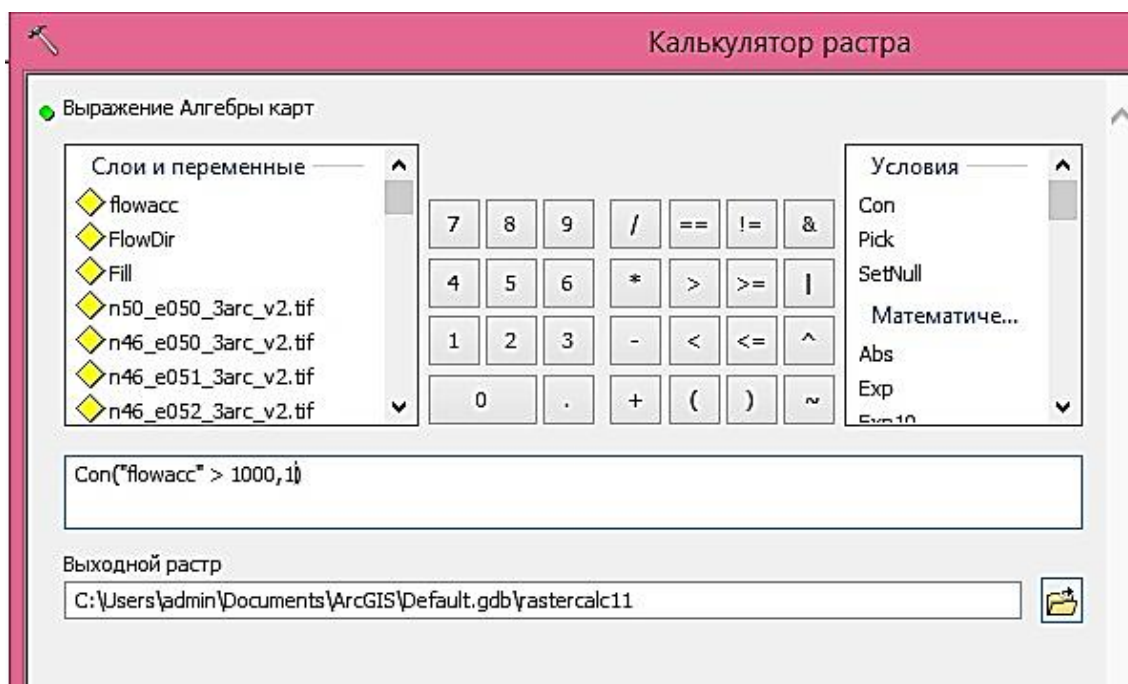


Рисунок 9 - Выражение Алгебры карт в «Калькуляторе растра»

В результате получают изменения на карте, показанные на рис. 10 и 11.

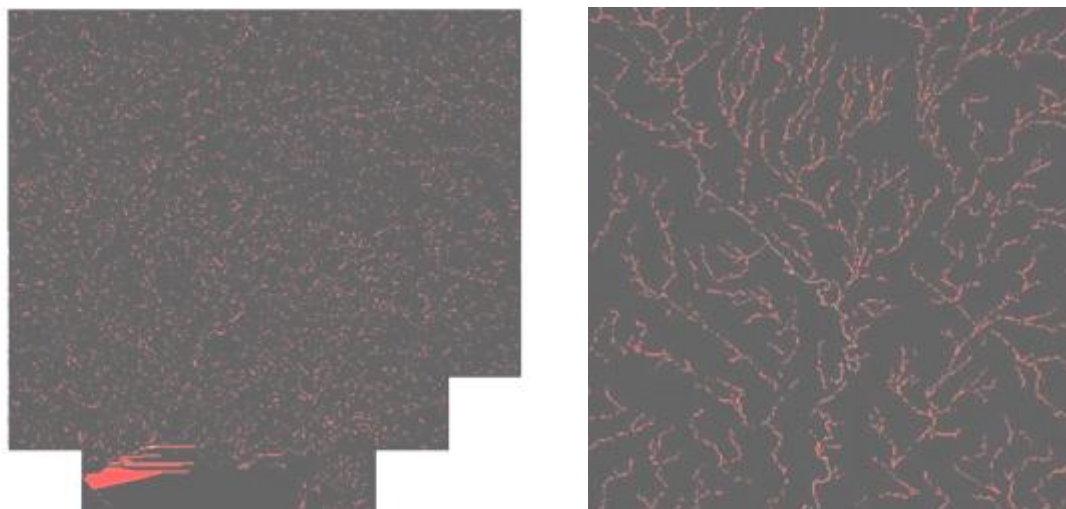


Рисунок 10 и 11 - Операция «Калькулятор растра»

Следующая операция «Порядок водотока» (Stream Order) (рис. 12). Операция присваивает число, определяющее порядок, сегментам растра, представляющим сегменты линейной сети. Выбирают входным растром водоток «Калькулятор растра» и направление стока «Направление стока», получают рис. 13.

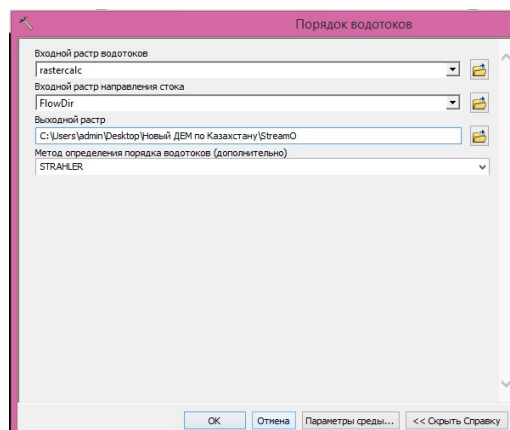


Рисунок 12 - Операция «Порядок водотока»



Рисунок 13 - После операции
«Порядок водотока»

Далее с помощью действия «Маркер» отмечаем присвоенное число (рис. 14).
Следующее действие «конвертировать графику в объекты» - далее инструменты 3D Analyst (рис.15 и 16) - функциональная поверхность - интерполировать форму. Заполняют входную поверхность и входной класс пространственных объектов (рис. 17 и 18). Интерполировать форму - это создание 3D объектов посредством интерполяции z-значений с поверхности.

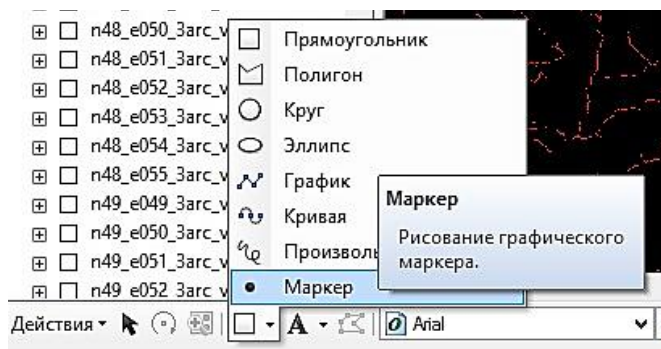


Рисунок 14 - Действие «Маркер»

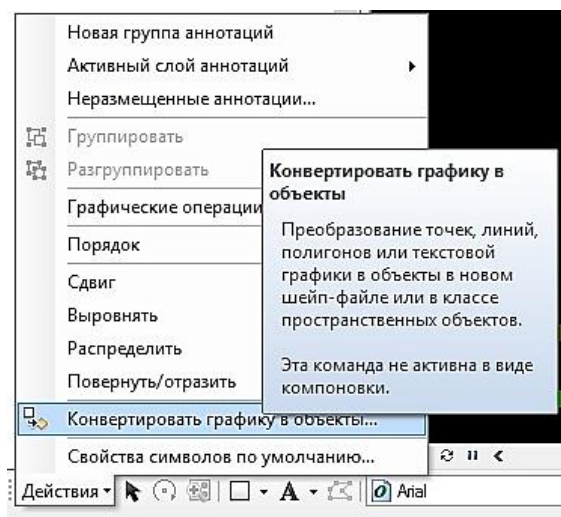


Рисунок 15 - Действие «конвертировать графику в объекты»

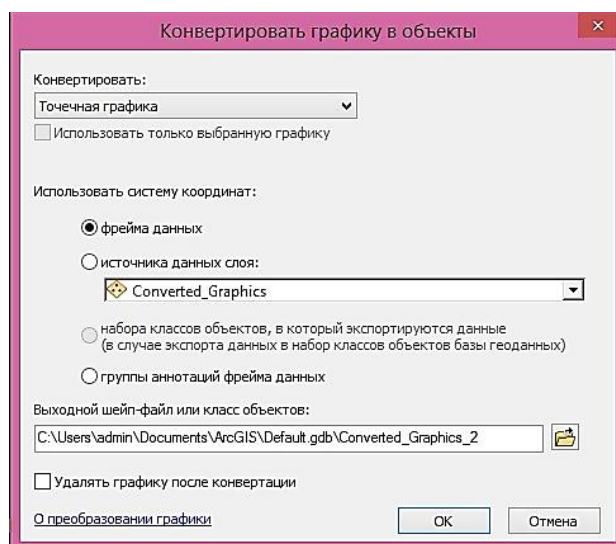


Рисунок 16 - Входные данные действия «конвертировать графику в объекты»

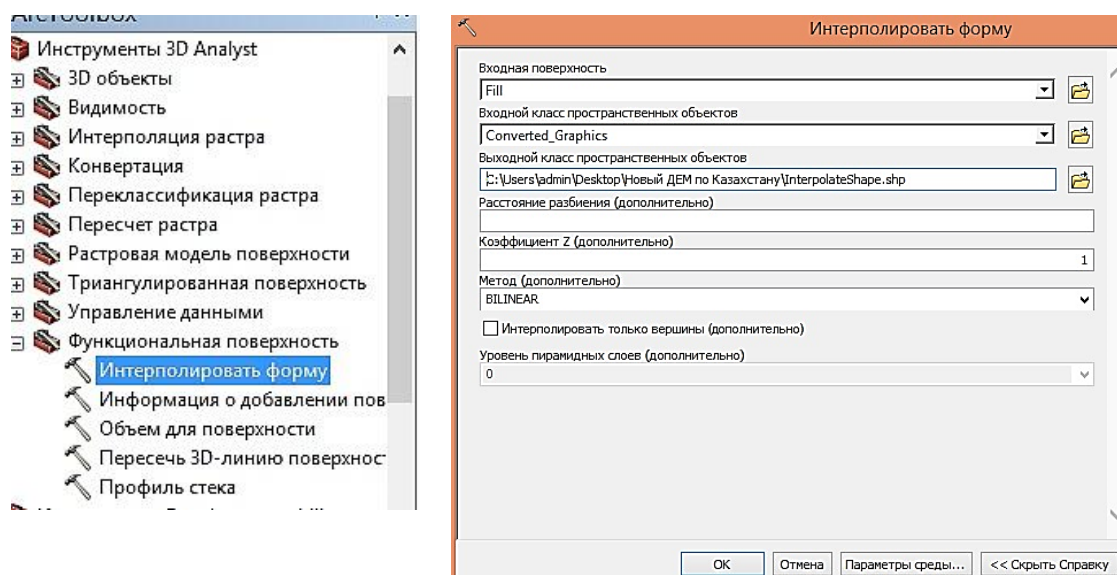


Рисунок 17 и 18 - Действие «интерполировать форму»

Далее делают последнюю операцию «Водораздел» (Watershed). Водораздел определяет водосборную область, расположенную выше набора ячеек растра. Входной растр направления стока «Направление стока», входные растровые или векторные данные точек устьев действие «интерполировать форму» (рис. 19).

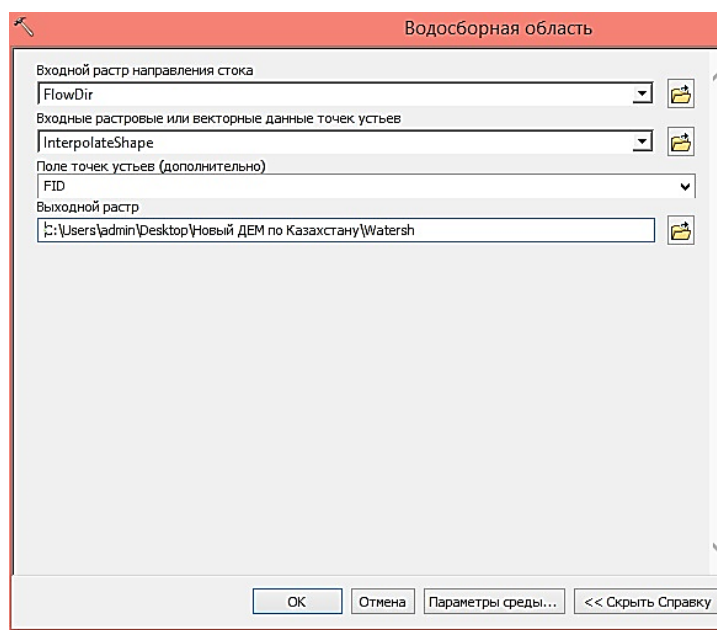


Рисунок 19 - Водосборная область входные данные

В результате получается бассейн реки Жайык на рис. 20 в пределах территории Казахстана.



Рисунок 20 - Водосборная область реки Жайык на территории Казахстана

Таким образом, с помощью представленных инструментов 3D Analyst, конвертация и Spatial Analyst Tools программы ArcGis определили водосборную область реки Жайык на территории Казахстана.

Список литературы

1. Павлова А.Н. Геоинформационное моделирование речного бассейна по данным спутниковой съемки SRTM (на примере бассейна р. Терешки) // Известия Саратовского гос. ун-та. – 2009. – Т. 9. – С. 39–44.
2. Симонов Ю.Г. Речной бассейн и бассейная организация географической оболочки / Ю.Г. Симонов, Т.Ю. Симонова // Эрозия почв и русловые процессы. – Вып. 14. – 2004. – 201 с.
3. Калинин В.Г. Применение геоинформационных технологий в гидрологических исследованиях / В.Г. Калинин, С.В. Пьянков. – Пермь, 2010. – 6 стр.
4. Самардак А.С. Геоинформационные системы: Учеб. пособ. // Владивосток: ТИДОТ ДВГУ, 2005. – 17 с.
5. Крючков А.Н. Интеллектуальные технологии в геоинформационных системах: Учеб. пособие, с изм. / А.Н. Крючков, С.А. Самодумкин, М.Д. Степанова и др.; Под науч. ред. В.В. Голенкова. – Мн.: БГУИР. – 2006.
6. Руководство по ГИС-анализу (пространственные модели и взаимосвязи). – М.: Ессон, 2006. – 179 с.

Получено 18.05.2016

УДК 004.89

А.Н. Тыныбаева, Ж.Н. Тыныбаева, Т.Г. Балова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Процесс развития портала электронного правительства Республики Казахстан порождает новые задачи, в том числе, связанные с созданием формальных описаний тех предметных областей, функции административного управления которых осуществляются по-

средством портала [www.egov.kz]. Актуальной становится задача формирования базы знаний, семантическое содержание которой отражало бы геополитическую информацию и в первую очередь информацию о государственном и административно-территориальном устройстве Республики Казахстан. Веб-сервисы базы знаний должны обеспечивать открытый доступ к единой системе понятий, терминов и категорий, закреплённых в законах или правовых актах и опубликованных на соответствующих официальных сайтах (<http://www.akorda.kz>, <http://zakon.kz>, <http://www.nitec.kz> и других).

В мировой практике одним из подходов решения данной задачи является создание, с использованием технологий семантической интерпретации, информационных ресурсов (Semantic Web, Web Ontology Language) геополитических онтологий международных организаций и стран, способствующих предоставлению достоверной и актуальной информации в области геополитики [1, 2].

Авторами статьи впервые сделана попытка представления системы административно-территориального устройства Республики Казахстан в виде онтологической базы знаний, таксономия классов которой отражает взаимосвязь элементов системы административно-территориального устройства, опубликованных в различных законодательных и правовых источниках. Разработанные методы онтологического моделирования, основанные на семантических запросах, позволяют извлекать и поддерживать знания в актуальном состоянии с учётом изменений демографической ситуации и социального статуса единиц системы административно-территориального устройства Республики Казахстан.

Разработка подхода к построению онтологии административно-территориального устройства Республики Казахстан. Теоретико-методологической основой разработки подхода послужили модели и методы современных интеллектуальных технологий.

В статье под *онтологией* понимается формальная, то есть машиночитаемая, спецификация совместно используемой определённым сообществом *концептуальной модели* предметной области. Данное понимание полностью согласуется с известным определением онтологии Тома Грубера [3]. Онтология - это иерархически структурированное представление терминов, которое может выступать и как концептуальная модель предметной области, и как исходная структура *базы знаний* о предметной области. Одним из инструментов для записи знаний об описываемой предметной области являются *концепты дескриптивной логики* (Description Logic, DL). Структура базы знаний задаётся *таксономией* концептов (классов) и их свойств, семантика - *терминологическими аксиомами* TBox, построенными на множестве классов, их свойств и связей между ними, а также утверждениями об *индивидах* предметной области ABox. Утверждения TBox и ABox составляют базу знаний об описываемой предметной области [4]. Современным языком формализации онтологии является *язык веб-онтологий* OWL (Web Ontology Language) и его нотация OWL DL [5], обеспечивающая создание непротиворечивой онтологии и извлечение знаний с помощью *машин логического вывода* (reasoners) в процессе онтологического моделирования [6].

Подход к построению онтологической базы знаний административно-территориального устройства Республики Казахстан включает:

- сбор правовых и законодательных материалов по административно-территориальному устройству Республики Казахстан и официальных источников их опубликования в Интернете [7, 8];
- анализ понятий и терминов административно-территориального устройства Республики Казахстан, отбор базовых понятий-концептов и построение концептуальной модели в нотации методологии онтологического моделирования IDEF5 [9];

- отображение концептуальной модели предметной области на таксономию классов и их подклассов, задание аксиом TBox, формализация онтологии в редакторе Protégé в формате OWL DL[10];

- конструирование утверждений ABox об индивидах предметной области и заполнение базы знаний административно-территориального устройства Республики Казахстан в редакторе онтологий Protégé;

- разработка на DL правил логического вывода и извлечения знаний, используемых в процессе онтологического моделирования, развитие онтологии.

Таксономия классов онтологии административно-территориального устройства Республики Казахстан. Концептуальная модель административно-территориального устройства Республики Казахстан в нотации методологии IDEF5 представляется композиционной схемой и двумя диаграммами строгой классификации. Композиционная схема IDEF5 отвечает на главный вопрос онтологического исследования: «Какие понятия-концепты включать в модель ?» и, по сути, отображает состав классов онтологии (рис. 1).

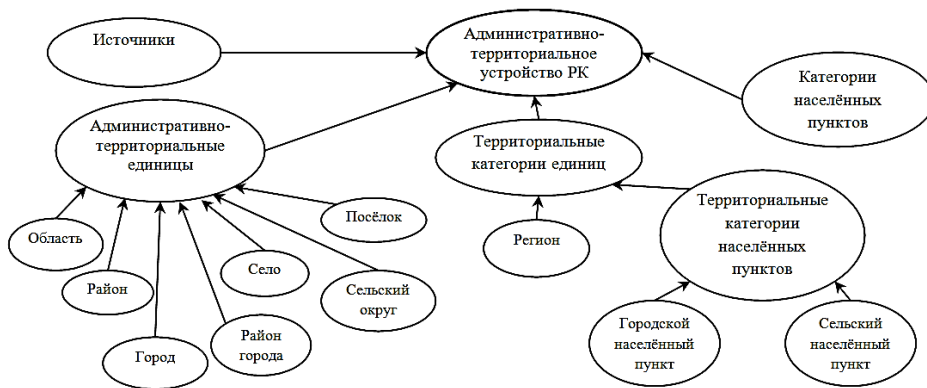


Рисунок 1 - Композиционная схема IDEF5 концептуальной модели

IDEF5-диаграммы строгой классификации отражают систематизацию знаний по категориям населённых пунктов и городов как объектов архитектурной, градостроительной и строительной деятельности (рис. 2).



Рисунок 2 - IDEF5 диаграммы строгой классификации концептуальной модели

На рис. 3 представлена таксономия классов онтологической модели, соответствующей концептуальной модели предметной области и формализованной в редакторе онтологий Protégé.

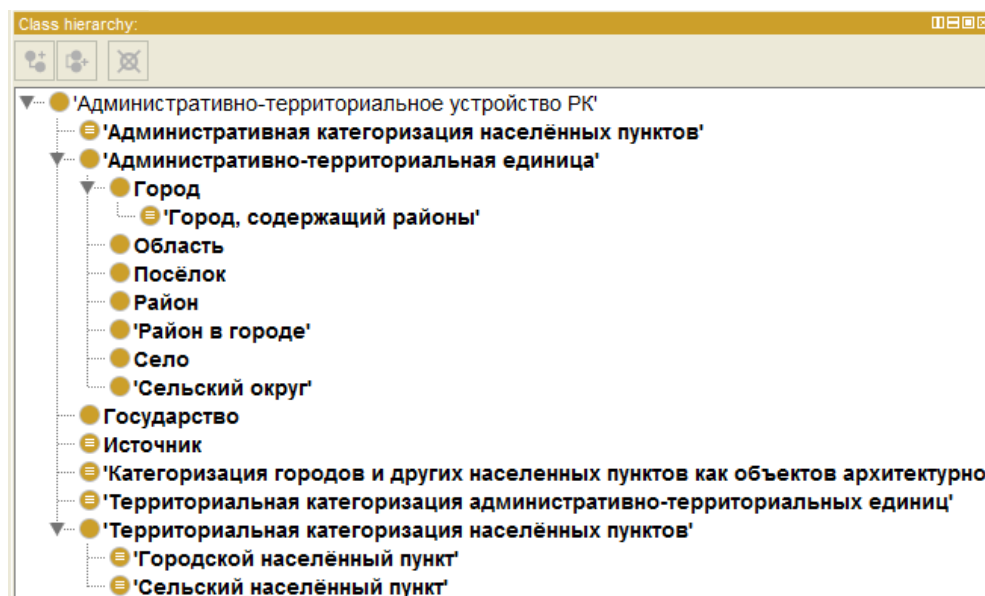


Рисунок 3 – Таксономия классов онтологической модели административно-территориального устройства Республики Казахстан

Онтология содержит именованные, эквивалентные и перечислимые классы, отличающиеся способом описания (идентификатором класса (URI), только аксиомами TBox, перечислением индивидов). Ниже приводятся примеры сформулированных аксиом для некоторых классов онтологии.

Для именованного класса «Административно-территориальная единица» сформулирована аксиома TBox: *'имеет административную категорию' some 'Территориальная категоризация административно-территориальных единиц' and 'имеет категорию населённого пункта' some 'Административная категоризация населённых пунктов' and 'имеет веб-источник' some Источник*.

Перечисленный класс «Административная категоризация населённых пунктов» задан перечислением индивидов: {*'Город областного значения', 'Город районного значения', 'Город республиканского значения', 'Посёлок, Село'*}.

Эквивалентный класс «Город, содержащий районы» выводится аксиомами: *Город and (((('имеет категорию населённого пункта' value 'Город областного значения') or ('имеет категорию населённого пункта' value 'Город республиканского значения')) and ('имеет численность населения' some long[> 400000]))('имеет административную категорию' some 'Территориальная категоризация административно-территориальных единиц') and ('имеет категорию населённого пункта' some 'Административная категоризация населённых пунктов') and ('имеет веб-источник' some Источник)*.

В таблице приведены характеристики некоторых свойств, задающих семантические связи между классами (Object Properties).

Описание ObjectProperties онтологии

Имя свойства	Характеристика свойства
'включается в состав'	Транзитивное (S), инверсия свойства (I)'содержит в себе'
'имеет административную категорию'	Функциональное (F), задано для множества индивидов класса 'Территориальная категоризация административно-территориальных единиц'
'является административным центром'	Функциональное (F), инверсия свойства (I)'имеет административный центр'

Рисунок 4 иллюстрирует процесс создания для класса *Город* индивида *Астана* и его утверждений ABox средствами редактора Protégé.

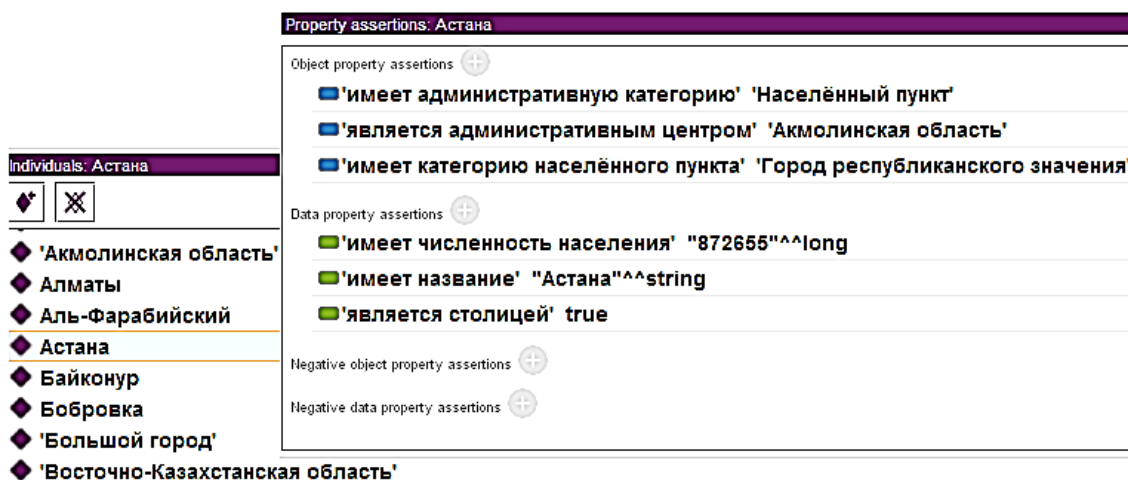


Рисунок 4 – Интерфейс создания индивида и его утверждений ABox

В онтологии выделены свойства Data Properties, которые связывают индивиды со значениями данных, например '*имеет численность населения*'.

Непротиворечивость онтологии и правильность работы аксиом на этапе логического вывода проверены с помощью машин логического вывода Fact++ или HermiT редактора Protégé.

На рис. 5 приведён результат классификации индивидов на примере эквивалентного класса «Город, содержащий районы».

Высокий уровень выразительности дескрипционной логики SHOIF(D) созданной онтологии определяется наличием иерархии (H) транзитивных (S), инверсных (I) и функциональных (F) свойств; концептов, заданных множеством перечислений (O); расширения языка конкретными доменами (D).

Онтология, множество индивидов и сформулированные аксиомы TBox и ABox составляют базу знаний административно-территориального устройства Республики Казахстан.

Онтологическое моделирование. Под онтологическим моделированием понимается процесс использования, обработки и развития онтологии административно-территориального устройства РК при решении практических задач. Извлечение знаний осуществляется с помощью запросов классификации на этапе логического вывода, структурных, поиско-

вых, навигационных и общих запросов. Формализуются запросы на DL и выполняются с помощью машин логического вывода Fact++ или HermiT редактора Protégé.

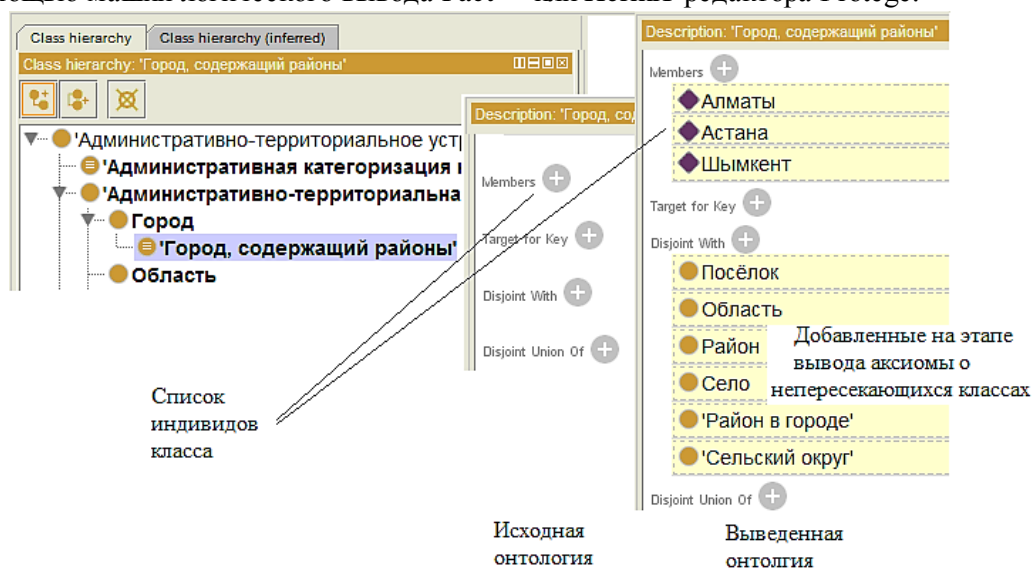


Рисунок 5 -Результат логического вывода эквивалентного класса

В результате классификации на этапе логического вывода с учётом транзитивных и инверсных свойств связанных объектов онтологии множество утверждений ABox индивида «Глубоковский район» расширилось (рис. 6).

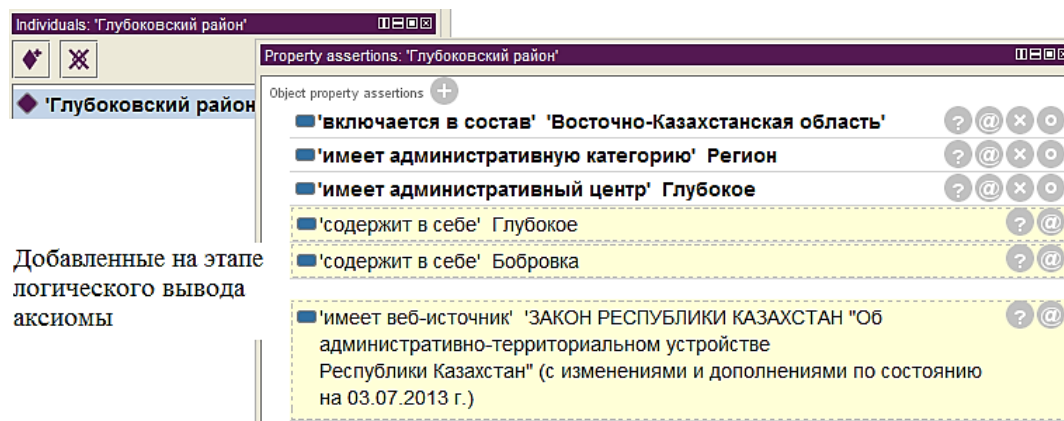


Рисунок 6 – Результат классификации индивида «Глубоковский район»

Структурные запросы позволяют анализировать состав и структуру выбранного объекта. Например, текст запроса «Районы, входящие в Восточно-Казахстанскую область» на языке дескрипционной логики формулируется: Район *and* ('включается в состав' *value* 'Восточно-Казахстанская область'). Текст запроса, показывающий сёла Глубоковского района Восточно-Казахстанской области, на языке дескрипционной логики формулируется: ('имеет категорию населённого пункта' *value* Село) *and* ('включается в сос-

тав 'value' Восточно-Казахстанская область') and ('включается в состав' value' Глубоковский район').

Основной целью навигационных запросов является поиск определённого объекта или объектов. Например, запрос «Найти города Восточно-Казахстанской области с численность населения более 200 000 человек, входящие в состав ВКО» на языке дескрипционной логики формулируется: *Город and ('включается в состав' value' Восточно-Казахстанская область') and ('имеет численность населения' some' long[>200000]')*.

Общие запросы - это запросы на любую тему в заданной предметной области. Например, запрос «Найти города республиканского значения в РК» на языке дескрипционной логики формулируется: *Город and ('имеет административную категорию населённого пункта' value' Город республиканского значения')*.

Таким образом, были реализованы различные типы запросов, позволяющие осуществлять поиск объектов, соответствующих заданным критериям; отображать структурный состав административных единиц для решения практических задач.

В ходе исследования было получено несколько научных результатов. Была построена в нотации IDEF5 концептуальная модель административно-территориального устройства Республики Казахстан, интегрирующая понятия-концепты различных правовых и законодательных материалов по административно-территориальному устройству Республики Казахстан и официальных источников их опубликования в Интернете. В редакторе онтологий Protégé на языке OWL DL разработана онтологическая модель, создана база знаний с широким набором аксиом логического вывода. Созданы запросы на языке дескрипционной логики, позволяющие осуществлять поиск объектов, соответствующих определённым критериям для решения практических задач. Наличие базы знаний будет способствовать развитию механизмов автоматической обработки текстов с целью выявления несоответствий и противоречий при использовании понятий, терминов и их определений, норма трактовки которых закреплена законодательно.

Список литературы

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations [официальный сайт]. - URL: <http://www.fao.org/countryprofiles/geoinfo/en>, свободный. - Загл. с экрана (дата обращения: 30.04.2016).
2. oegov - Ontologies for e-Government [официальный сайт]. - URL: <http://www.oegov.us/>, свободный. - Загл. с экрана (дата доступа: 30.04.2016).
3. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. - СПб.: Питер, 2000. - 384 с.
4. Baader F. The Description Logic Handbook. - New York: Cambridge University Press, 2003. - 43-95.
5. OWL 2 Web Ontology Language: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.w3.org/TR/owl-overview/> (дата доступа: 30.04.2016).
6. Скворцов Н.А. Формирование глоссария по онтологическому моделированию: состояние и перспективы развития // Тр. симпозиума «Онтологическое моделирование: состояние, направления исследования и применения» (Казань, 11-12 окт. 2010 г.). - М.: - ИПИ РАН, 2011. - 372-393.
7. Закон «Об административно-территориальном устройстве Республики Казахстан» [Электронный ресурс] http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1007265 (дата доступа: 30.03.2016).
8. Закон «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 03.12.2015 г.) [Электронный ресурс]. URL: http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1024035 (дата доступа: 30.04.2016).
9. IDEF5 Ontology Description Capture Method [Электронный ресурс]. URL: <http://www.idef.com/IDEF5.htm> (дата обращения: 30.04.2016).
10. The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System: [официальный сайт]. URL: <http://protege.stanford.edu/> (дата доступа: 30.04.2016).

Получено 25.05.2016
