

УДК 551.24:519.7

ББК 26.309

К 68

**Коробков В.Н.**

*Старший преподаватель кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления инженерно-физического факультета Адыгейского государственного университета, Майкоп, тел. (8772) 59-39-11, e-mail: vicor2004@mail.ru*

**Алгоритм анализа векторного поля применительно к полям  
тектонических напряжений в земной коре  
(Рецензирована)**

***Аннотация.** Приведен алгоритм автоматизированного анализа векторного поля. Представлены результаты работы программного продукта, применяющего данный алгоритм для выделения очагов концентрации тектонических напряжений в земной коре.*

***Ключевые слова:** алгоритм, векторное поле, кластерный анализ, очаги концентрации тектонических напряжений.*

**Korobkov V.N.**

*Senior Lecturer of Department of Automated Systems of Processing Information and Control at Engineering-Physics Faculty, Adyge State University, Maikop, ph. (8772) 59-39-11, e-mail: vicor2004@mail.ru*

**Analysis algorithm of a vector field in relation to fields  
of tectonic tension in the crust**

***Abstract.** The algorithm of the automated analysis of a vector field is given. The paper presents the results of operation of the software product applying this algorithm to allocate the foci of tectonic tension concentration in the crust.*

***Keywords:** algorithm, vector field, cluster analysis, foci of tectonic tension concentration.*

Одной из задач геоинформационных систем (ГИС) является автоматизация и усовершенствование процессов обработки пространственно-распределенной информации с помощью компьютерных методов.

Под термином пространственно-распределенная информация обычно понимаются данные об окружающем мире, представленные в виде топографических карт, схем, планов. Применение ГИС-технологий позволяет увеличить оперативность, наглядность, а так же качество работы с пространственно-распределенной информацией по сравнению с традиционными аналитическими методами.

Моделирование полей тектонического напряжения необходимо для определения пространственно-временной структуры поля тектонических напряжений, типа тектонических движений и характера движения тектонических блоков в целях прогнозирования тектонических движений, сейсмических проявлений различной магнитуды и мониторинга безопасности производственной инфраструктуры.

Векторное поле тектонических напряжений строится по данным мощности «разностного слоя» между базисными поверхностями ближайших порядков, вычисленным по методу Философова [1]. Совмещение полученного векторного поля с картосхемой современного блокового строения территории позволяет получить информацию о концентрации тектонических напряжений в пределах блоков, а так же точечных концентрациях тектонических напряжений. Характеристики дифференциации тектонических напряжений в пределах блока определяются значением величины и степенью концентрации наибольших градиентов мощности разностного слоя относительно узлов решетки, попадающих в границы каждого тектонического блока [2].

Существующие современные методы выявления очагов концентрации напряжения являются в большей степени ручными и достаточно трудоемкими. Автоматизация

данного процесса, это сложная и актуальная задача, реализация которой позволит сократить временные затраты по анализу векторного поля экспертом.

На первом этапе работ, проводимых Центром интеллектуальных геоинформационных технологий Адыгейского государственного университета в данном направлении, был разработан алгоритм построения векторного поля для моделирования пространственно-временной структуры поля тектонических напряжений. Построенные в результате применения данного алгоритма векторные поля позволяют определять характер дифференциации тектонических напряжений в пределах тектонических элементов в их исторической динамике [3]. На рисунке 1 представлено векторное поле для одного тектонического блока.

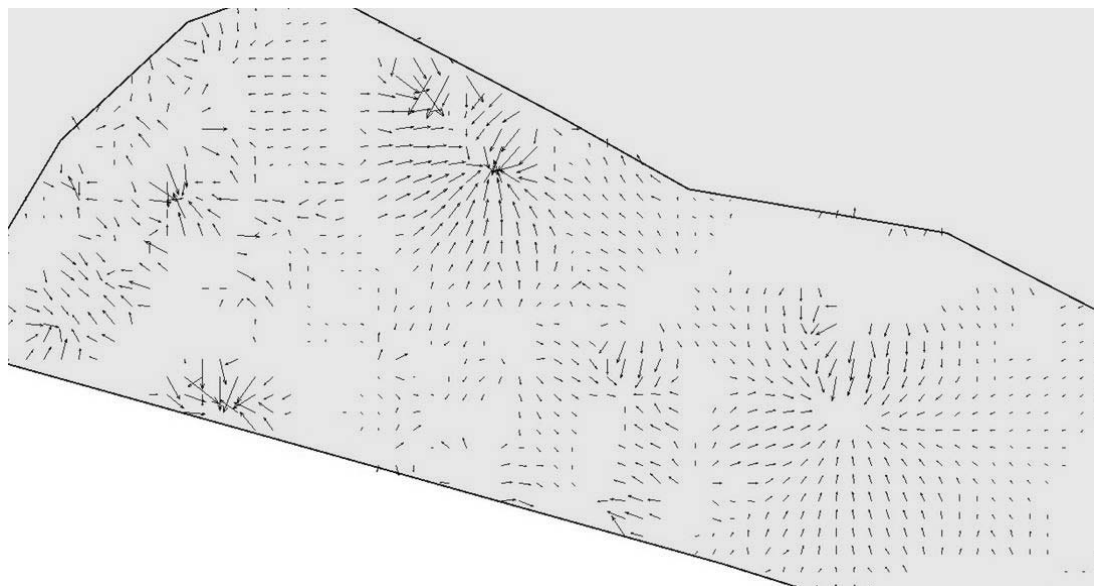


Рис. 1. Пример векторного поля одного тектонического блока

На втором этапе, используя методологию IDEF0, был выполнен структурный анализ векторных полей с целью разработки методов и способов автоматизированного выделения очагов концентрации тектонических напряжений в земной коре. Для решения данной задачи был использован программный продукт VPwin, являющийся мощным инструментом моделирования как бизнес-процессов, так и большого количества потоков данных. В результате применения данного программного средства была выполнена функциональная декомпозиция поставленной задачи, что позволило все действия и функции разбить на более простые элементы, определить входные и выходные параметры, проанализировать операции, которые необходимо выполнить [4].

На третьем этапе на основе моделирования, выполненного на предыдущем этапе, был разработан алгоритм автоматизированного анализа векторного поля, представленный на рисунке 2.

Для объединения векторов по группам было принято решение использовать кластерный анализ, а именно, метод иерархической агломеративной кластеризации (Agglomerative Nesting, AGNES). Суть данного метода состоит в том, что в начале работы все объекты, в данном случае это вектора, являются отдельными кластерами, на первом шаге наиболее похожие объекты объединяются в кластер, на последующих шагах объединение продолжается до тех пор, пока все объекты не будут составлять один кластер.

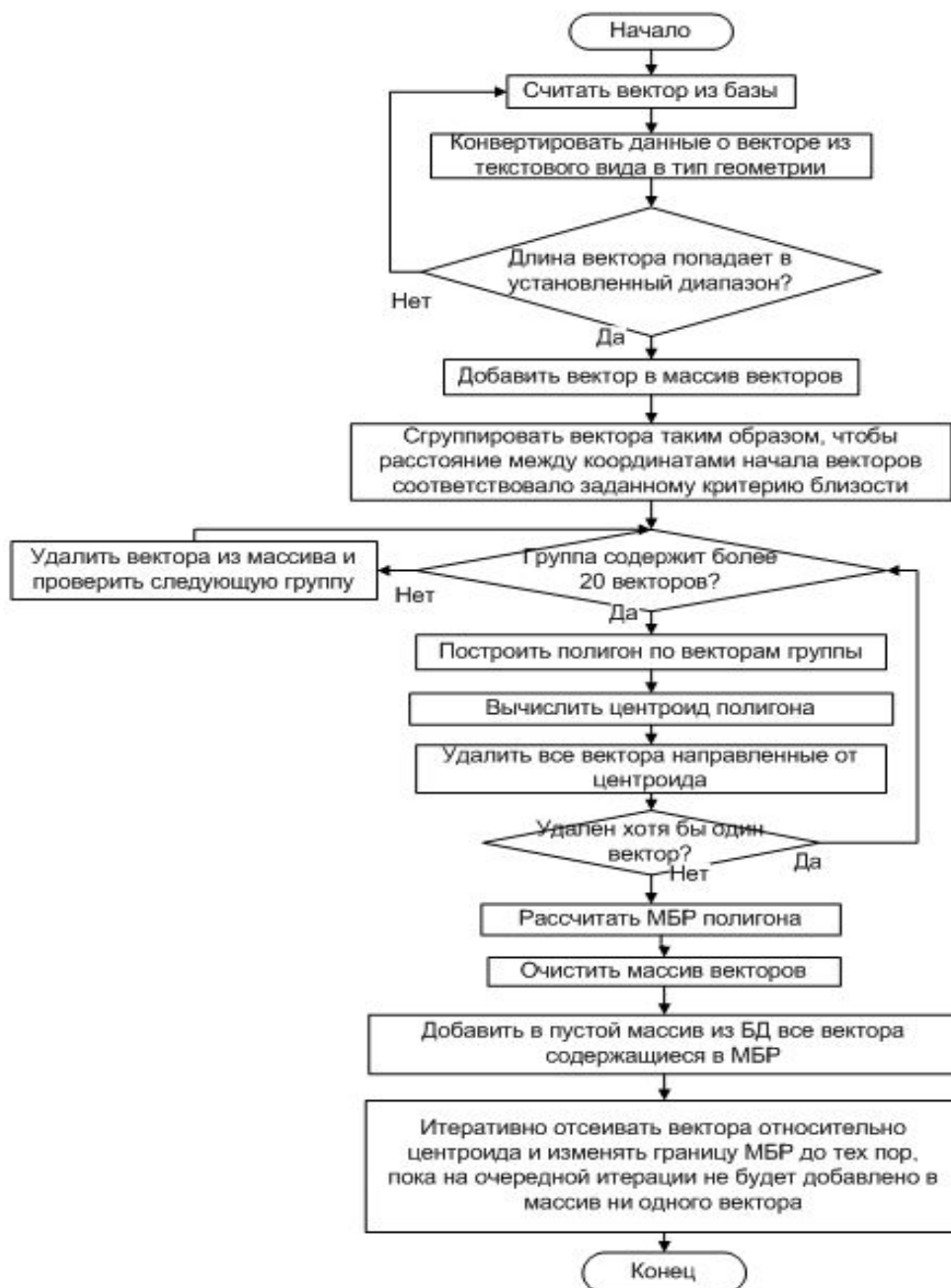


Рис. 2. Блок-схема алгоритма

На начальном этапе работы алгоритма проводится предварительный анализ векторов, в результате которого из базы данных выбираются не все вектора. Ограничение минимальной длины вектора позволяет приблизительно выделить области концентрации векторов и создать пустое пространство между ними, а ограничение максимальной длины – избавиться от векторов, выбивающихся из общей среды однородных векторов. Далее выбирается произвольный вектор, который переносится в отдельный массив, после чего в этот же массив переносятся все соседние вектора, находящиеся в заданной близости от текущего. Критерием близости является расстояние между векторами, которое рассчитывается путем вычисления евклидова расстояния между двумя точками на плоскости. Для удобства дальнейшей обработки результатов группировки векторов на ЭВМ все выделенные области преобразовываются в полигоны. Результат первичного кластерного анализа векторов представлен на рисунке 3.

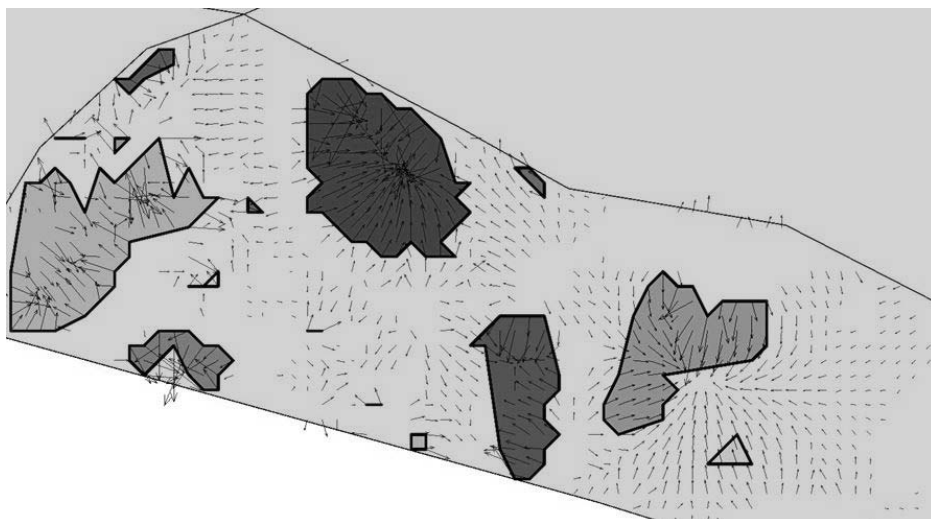


Рис. 3. Первичный анализ векторного поля

На втором этапе работы алгоритма из области исключаются вектора, направленные из полигона. Для каждого полигона рассчитывается геометрический центр (центроид) и все вектора, направленные от него, удаляются. Данные действия позволили избавиться от мелких полигонов, являющихся «шумом» (см. рис. 4).

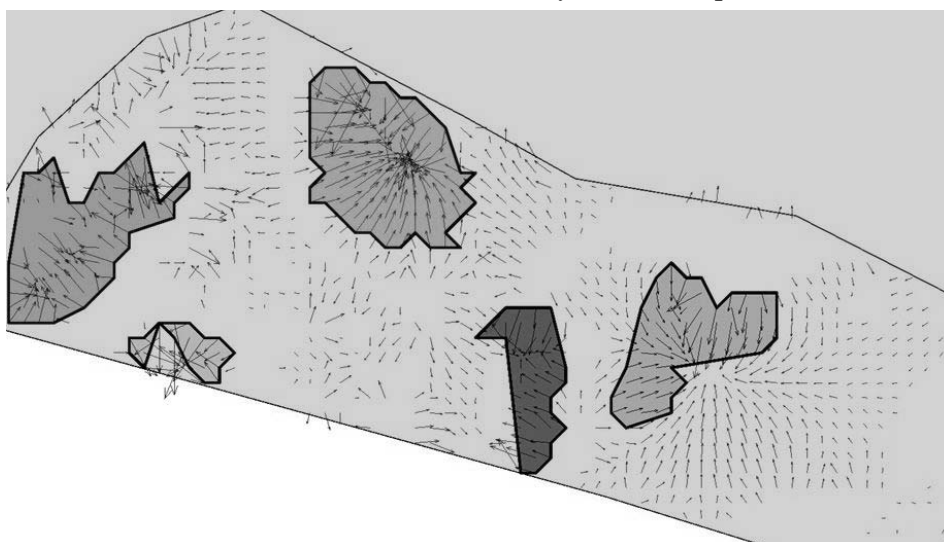


Рис. 4. Результат дополнительного анализа векторов

На заключительном этапе границы области еще раз уточняются. Для этого вычисляется MBR (minimum bounding rectangle) полигона – наименьший прямоугольник, который включает в себя описываемый геометрический объект (см. рис. 5).

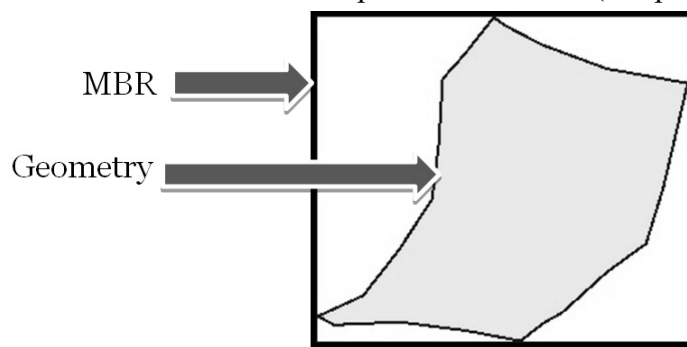


Рис. 5. Пример MBR геометрии

Создается новая область, в которую входят уже вектора из базы данных, попавшие в MBR полигона и имеющие направление к центру старой области. Далее в эту область добавляются вектора, соседние с ней и направленные к ее центру. Границы MBR полигона пересчитываются и продолжается добавление новых векторов. Алгоритм завершает свою работу, когда в область не будет добавлено ни одного вектора. В результате были получены области, представленные на рисунке 6.



Рис. 6. Окончательный результат работы алгоритма

В заключение необходимо отметить, что рассмотренная в статье задача автоматизированного выделения очагов концентрации тектонических напряжений в земной коре относится к области интеллектуального анализа данных. Поэтому получаемые результаты зависят от множества параметров, среди которых – выбор метода кластерного анализа и критерия близости объектов.

#### Примечания:

1. Философов В.П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Саратов: Изд-во СГУ, 1975. 232 с.
2. Структурно-подобная геодинамическая модель Краснодарского края и Республики Адыгея: монография / Т.П. Варшанина, О.А. Плисенко, А.А. Солодухин, В.Н. Коробков; под ред. Б.И. Кочурова. М.; Майкоп: Камертон, 2011. 128 с.
3. Коробков В.Н., Варшанина Т.П. Построение векторного поля для моделирования пространственно-временной структуры поля тектонических напряжений // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Естественно-математические и технические науки. 2011. Вып. 4 (91). С. 139-145. URL: <http://vestnik.adygnet.ru>
4. Коробков В.Н., Варшанина Т.П. К вопросу о применении структурного анализа при моделировании концентрации тектонических напряжений в земной коре // Сборник научных трудов по итогам междунар. науч.-прак. конф. «Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития». Волгоград, 2014. С. 9-11.

#### References:

1. Filosophov V.P. Foundations of a morphometric method of searches of tectonic structures. Saratov: SGU Publishing House, 1975. 232 pp.
2. Structural and similar geodynamic model of Krasnodar Krai and the Republic of Adyghea: a monograph / T.P. Varshanina, O.A. Plisenko, A.A. Solodukhin, V.N. Korobkov; ed. by B.I. Kochurov. M.; Maikop: Kamerton, 2011. 128 pp.
3. Korobkov V.N., Varshanina T.P. Construction of a vector field for modeling a spatiotemporal structure of the tectonic pressure field // The Bulletin of the Adyghe State University. Ser. Natural-Mathematical and Technical Sciences. 2011. Iss. 4 (91). P. 139-145. URL: <http://vestnik.adygnet.ru>
4. Korobkov V.N., Varshanina T.P. On the problem of application of the structural analysis when modelling the concentration of tectonic tension in Earth's crust // Collection of proceedings following the results of international scient. and pract. conf. «Technical science: tendencies, prospects and technologies of development». Volgograd, 2014. P. 9-11.