

## КОНТУРНАЯ АППРОКСИМАЦИЯ ОБЛАСТЕЙ НЕРЕГУЛЯРНОГО ВИДА В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*В статье рассматривается контурная аппроксимация областей нерегулярного вида в задачах мониторинга чрезвычайных ситуаций. Проведен анализ пространственных и временных аспектов данных задач, предложен ряд основных и дополнительных математических постановок.*

**Ключевые слова:** контурная аппроксимация, мониторинг, чрезвычайная ситуация.

### Введение

Принятие закона Украины "О правовых основах гражданской защиты" (№ 1859-ІУ, 24.06.2004 г.) привело к завершению формирования правовых основ организации защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций [1]. Он соединил в себе существующую законодательную базу – Конституцию Украины, Законы Украины "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера" (№1809-ІІІ, 08.06.2000 г.) и другие законодательные акты, включая международные соглашения.

В этом Законе и утвержденных на его основе программах установлены основные задачи гражданской защиты, в том числе те, которые относятся к организации защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС) и оказания потерпевшим неотложной помощи. Сформулированы основные задачи в области прогнозирования и оценки социально-экономических последствий чрезвычайных ситуаций с учетом того, что достижение высокой эффективности единой системы гражданской защиты невозможно без создания единой государственной системы мониторинга, сбора, накопления, передачи, обработки и отображения данных на основе современных компьютерных технологий и средств цифровой связи.

Вместе с тем, сохраняется актуальность ряда проблем, связанных с автоматизацией и оптимизацией решения задач прогнозирования и оценки обстановки [2 – 5], которые связаны с анализом и отображением данных об анализируемом регионе [3, 6, 7]. Общим для этих задач является необходимость повышения эффективности использования электронных карт местности как для решения задач прогнозирования, так и для отображения данных. Это связано с тем, что, несмотря на наличие эффективных геоинформационных систем (ГИС) общего назначения, остается нерешенным круг задач, связанных с моделированием областей нерегулярного вида, определяющих зону или уровни воздействия вредной среды для решения частных задач прогно-

зирования – эвакуации населения [8] и др. Имеется в виду, что соответствующая система моделей должна удовлетворять требованиям как по широте охвата особенностей прикладных задач, так и по эффективности моделирования в отношении оперативности и затрат памяти с целью построения решения с требуемой точностью, в реальном масштабе времени и при существующих стандартах на представление информации в ГИС.

### Основной материал

**Пространственные и временные аспекты задач мониторинга чрезвычайных ситуаций.** При решении задач априорной оценки последствий чрезвычайных ситуаций оцениваются возможные последствия и определяются ресурсы, которые могут потребоваться для их устранения. В то же время всякая конкретная ЧС индивидуальна – как по области распространения, так и по иным показателям.

Среди происшествий, которые служат причиной чрезвычайных ситуаций и имеют значительное *пространственное распространение*, выделяют [9] ЧС следующего типа:

– техногенные – пожары, аварии с выбросом опасных химических, радиоактивных, биологических веществ, аварии инженерных системах жизнеобеспечения и др.;

– природные – природные пожары (лесные, полевые, луговые), изменения в состоянии воздушного бассейна, водных ресурсов и биосферы;

– экологические – обстановка на определенной территории (акватории), которая привела к опасным изменениям в среде проживания людей и, как правило, к массовой гибели живых организмов.

Согласно постановлению Кабинета Министров Украины от 24.03.2004 №368 чрезвычайные ситуации техногенного или естественного характера различают соответственно масштабу их распространения и выделяют ЧС объектного, местного, регионального, государственного и глобального уровня. При этом каждому виду ЧС присуща собственная скорость распространения опасных воздействий; она является одной из составляющих *интенсивности протекания*

ЧС и степени ее опасности; поэтому ЧС различают по типу [1]: внезапные (взрывы и др.); с опасностью, которая быстро распространяется (пожар, авария с выбросом сильнодействующих отравляющих веществ и др.); с опасностью, которая распространяется с умеренной скоростью (например, авария с выбросом радиоактивных веществ); с опасностью, которая распространяется медленно (например, аварии на промышленных очистных сооружениях).

Важным аспектом анализа чрезвычайных ситуаций является также динамика их развития; в этом отношении выделяют пять условных фаз [1], определяющих их развитие от интенсивного роста отклонений от нормального состояния и инициации ЧС – до действия вторичных поражающих факторов и ликвидации ее последствий.

Несмотря на различие физических причин возникновения ЧС указанных классов, при их возникновении возникают типовые задачи прогнозирования развития обстановки, решение которых в реальном масштабе времени необходимо для принятия решений о выборе наиболее предпочтительных вариантов действий в отношении объема сил и средств, привлекаемых для ликвидации ЧС с учетом области ее распространения с учетом фактического положения дел и возможных последствий принятия той или иной альтернативы.

С учетом существования возможности возникновения ЧС регионального и более высокого уровня на промышленных объектах и в природной среде, в настоящее время значительное внимание уделяется сочетанию средств мониторинга ЧС и подготовки решений с целью минимизации последствий чрезвычайной ситуации на всех фазах ее развития на основе применения современных средств связи и обработки данных. С этой целью создается [1] единая система предупреждения и ликвидации ЧС (ЕСПЛЧС). Основные задачи, возложенные на эту систему, включают выполнение плановых и оперативных наблюдений за источниками ЧС на территории страны, включая: сбор, обработку и распространение фактической и прогностической информации о ЧС; разработку рекомендаций по снижению последствий ЧС; информационное обеспечение оперативного контроля критических ситуаций на основе использования мобильных средств экстренного реагирования. На функциональном и структурном уровне она объединяет три подсистемы.

Система мониторинга источников ЧС природного и техногенного характера (СМЧС). Центральным моментом при ее проектировании является оптимизация системы в части рационального пространственного распределения пунктов наблюдения и контроля. При этом предполагается широкое использование аэрокосмических средств дистанционного контроля, обеспечивающих отслеживание динамики развития ЧС с учетом точности аппаратуры и географической привязки данных, скорости передачи и объема данных. Предусматривается опти-

мальное пространственно-временное распределение средств мониторинга соответственно обоснованной плотности сети наблюдения за источниками загрязнения среды [3]; снабжение необходимыми средствами связи, обеспечивающими передачу фактической информации в режиме реального масштаба времени.

Система сбора, обработки фактической информации и прогнозирования ЧС природного и техногенного характера (ССПЧС). Она также предусматривает подготовку решений по снижению уровня влияния ЧС на объекты, население и природную среду для центров управления в кризисных ситуациях. Требования к этой системе состоят в обеспечении непрерывного и надежного сбора фактической информации от средств СМЧС, качественного и своевременного анализа поступающей информации, своевременного прогнозирования обстановки и доведения фактической и прогностической информации потребителям, включая варианты решений по ликвидации последствий ЧС.

Специфика задач, стоящих перед ССПЧС, определяет ряд требований к программному обеспечению (ПО) этой системы; важное место среди них занимают следующие [1]:

- многоуровневость обработки данных, разнородность баз данных, значительный объем поступающей информации;

- многовариантность решений и нерегламентированность запросов, определяющих возможность использования различных моделей соответственно требуемой точности и полноты исходных данных;

- минимизация отклика системы выдвигает высокие требования по вычислительной эффективности используемых моделей и методов решения частных задач;

- распределенная обработка: предполагает, что базовые данные могут использоваться в различных подсистемах в рамках различных моделей;

- гибкость ССПЧС: является одним из основных требований к ПО в целях его развития и модернизации; в этом отношении актуальным является использование "универсальных" моделей данных;

- интерактивный режим использования системы: обеспечивается использованием гибких структур данных и методов их настройки на уровень иерархии управления и компетентности пользователя;

- отображения информации в удобной для пользователя форме является ключевым моментом взаимодействия человека с компьютерным комплексом. Эта задача характеризуется большим разнообразием форм представления информации о ЧС и их источниках (таблицы, графики, карты).

Система связи. Залогом высокой успешности функционирования ЕСПЛЧС является наличие эффективной системы связи, обеспечивающей сбор и передачу данных в распределенную компьютерную сеть и в сети, переход к цифровым системам, обеспечивающим оперативный обмен всеми видами ин-

формации, включая видеoinформацию, за счет применения волоконно-оптических, спутниковых и иных средств доставки информации к стационарным и мобильным пользователям. С этой целью распоряжением Кабинета Министров Украины от 4 марта 2004 г. №109-р была утверждена комплексная программа развития систем связи, оповещения и информатизации МЧС Украины на 2004-2010 годы. В частности, она определяет [1]:

- разработку комплекса математических моделей, методов, алгоритмов и программных средств оценки рисков возникновения, прогнозирования развития чрезвычайных ситуаций;

- создание первой очереди единой корпоративной вычислительной сети и банка данных информационных ресурсов МЧС, информационно-аналитической поддержки по направлениям деятельности;

- разработку типовых программно-аппаратных комплексов сбора, накопления, передачи, обработки и отображения данных на базе современной компьютерной техники, телекоммуникационных средств, и др.

В отношении конкретных задач оценки обстановки и прогнозирования последствий ЧС следует отметить, что Постановлением Кабинета Министров Украины № 862 от 04.06.2003 введена Методика оценки ущерба от последствий чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера для населения и объектов национальной экономики; в частности – в отношении разрушения основных фондов, имущества и продукции, а также потери, связанные с ущербом для лесов, сельскохозяйственных угодий и др. Ясно, что получение подобных оценок невозможно без использования адекватных геоинформационных и эффективных математических моделей, определяющих область и уровень распространения вредных воздействий на соответствующих территориях.

Из анализа требований к ЕСПЛЧС следует, что она представляет сложную систему, каждая из подсистем которой опирается на использование геоинформационной системы (ГИС), использование которой в распределенной сети ЭВМ с цифровыми каналами должно обеспечить сбор фактических данных, высокую оперативность решения задач прогнозирования и отображения обстановки и вариантов действий соответственно точному географическому положению региона ЧС.

Общим для рассмотренных задач является использование цифровых моделей местности и отображение текущей обстановки на карте с требуемой степенью точности. Это означает, что геометрическая составляющая систем мониторинга, связанная с базами данных, содержащих экономические и иные данные о рассматриваемом регионе, равно как и данные фактического мониторинга, отражающие развитие ЧС, должна рассматриваться как одна из основных компонент ЕСПЛЧС.

**Концептуальная постановка задачи контурной аппроксимации для задач мониторинга.** Для краткости задач мониторинга назовем задачу оценки области распространения опасных веществ по фактическим данным с целью прогнозирования зоны ее распространения для решения частных задач; например – для оценки ущерба. В свою очередь, для системы моделей и методов решения комплекса задач мониторинга основой является ГИС, которая, в соответствии с сформулированными выше требованиями по гибкости, универсальности и компактности представления данных, обеспечивает моделирование области распространения  $\Omega$  опасных веществ. В этих условиях общие особенности задачи моделирования области  $\Omega$  состоят в следующем.

Параметры, определяющие область  $\Omega$ , могут быть получены:

- по результатам обработки аэрокосмических снимков – в результате сегментации изображений соответствующих объектов (пожаров и др.) и контурной аппроксимации их границ. Однако, даже в условиях использования цифровых технологий эта информация остается слишком объемной и требует минимизации (по избыточности) для обеспечения работы в реальном масштабе времени;

- по результатам наблюдений, поступающих в систему сбора первичных данных в реальном масштабе времени от датчиков, стационарных и мобильных пунктов наблюдения и иных источников;

- с использованием иных ГИС в рамках межотраслевого или международного взаимодействия по мониторингу и ликвидации последствий ЧС.

В процессе решения задач оценки обстановки и прогнозирования развития ЧС и ее последствий возникает необходимость применения различных математических моделей и методов, обеспечивающих решение разнообразных задач вычислительной геометрии и геометрического проектирования [10]. Это связано с необходимостью использования геометрических моделей как для описания зон воздействия опасных веществ [8], решения задач прогнозирования обстановки и оценки последствий ЧС, так и для отображения результатов решения этих задач в виде, наиболее адекватном для пользователя соответствующего уровня [4, 6, 7]. Ясно, что объем информации, необходимый для решения соответствующих задач командиру аварийно-спасательной команды и руководителю регионального уровня отличается на порядки. Поэтому описание области  $\Omega$  должно обеспечивать, с одной стороны, эффективность решения вычислительных задач, а с другой стороны – наглядность представления результатов анализа в требуемом масштабе и на различных средствах отображения информации, причем лишь с требуемой точностью в целях для минимизации избыточности модели.

С математической точки зрения область  $\Omega$  может представляться неодносвязной областью, определяющей зону воздействия опасных веществ,

или поверхностью, определяющей концентрацию воздействия этих веществ. В первом случае ее граница представляет совокупность несвязных контуров, имеющих топологический тип окружности; для определенности, назовем область с границей подобного типа нерегулярной. Во втором случае предполагается аппроксимация поверхности системой (нерегулярных) контуров подобно горизонталям на географической карте.

С точки зрения использования ГИС как базы для привязки моделируемых областей к местности приходим к важному ограничению на выбор модели области  $\Omega$ . Так, если при использовании математических методов могут применяться сеточные [8], аналитические [6] и иные [4] модели местности, в качестве исходных данных и результатов решения следует использовать полигональные модели границ. Это связано с использованием в ГИС границ, описываемых ломаными. Поэтому векторизация, понимаемая как представление исходных данных и результатов решения задач прогнозирования (в отношении границ областей) в виде ломаных, определяет одно из важнейших ограничений системного характера, которое следует учитывать при разработке моделей и методов решения задач мониторинга, чтобы они были эффективны с точки зрения точности и оперативности.

Действительно, хотя использование гладких кривых позволяет повысить точность решения ряда частных задач, их использование в системах общего назначения приводит, с одной стороны, к чрезвычайному усложнению алгоритмов обработки данных и, в итоге – к неоправданному снижению оперативности, а с другой стороны – не всегда оправдано с учетом невысокой точности исходных данных (фактические данные мониторинга могут иметь погрешность до 30% и выше [8]). Кроме того, задержка во времени между фазами сбора данных и принятием решения на основе их анализа, а также необходимость отображения результатов на карте местности сами по себе лишают смысла проведение анализа с неоправданно завышенной точностью.

Таким образом, не исключая использования сеточных и аналитических моделей для решения частных задач (например, для прогнозирования распространения агрессивной среды под действием метеословий), приходим к тому, что при решении задач прогнозирования, помимо указанных выше задач контурной аппроксимации исходных данных, важное значение имеет полигональная аппроксимация границ областей, полученных при обработке данных и решении задач определения зон распространения опасных веществ во времени. С учетом особой значимости эллипсов для моделирования и описания областей воздействия вредных веществ, для ряда практических задач целесообразно рассмотрение областей и с границами подобного вида.

Вместе с тем, хотя задача полигональной аппроксимации в большинстве случаев ставится эври-

стически (поиск ломаной в  $\epsilon$ -полосе и др.) или как задача аппроксимации в среднем, критерии и ограничения, которые необходимо учитывать в задачах мониторинга, приводят к постановке достаточно сложных оптимизационных задач на классе невыпуклых замкнутых ломаных при нелинейных ограничениях, к решению которых (например, в случае аппроксимации по Чебышеву) не применимы известные методы вычислительной геометрии и нелинейного программирования.

Несмотря на высокую вычислительную сложность задач этого класса, методы их решения должны обладать достаточно низкой трудоемкостью и затратами памяти, чтобы использование этих моделей обеспечивало, соответственно требуемой точности, заданный уровень оперативности решения всего комплекса задач мониторинга для всех уровней пользователей.

Таким образом, задачу контурной аппроксимации объектов нерегулярного вида для задач мониторинга в общей постановке можно рассматривать как задачу полигональной аппроксимации границы невыпуклой области  $\Omega$  по заданному критерию  $R$  при ограничениях  $S$ .

В качестве критерия  $R$  здесь может рассматриваться число изломов аппроксиманта, точность аппроксимации, угол при вершине ломаной и др. [11] В качестве ограничения может рассматриваться точность аппроксимации как мера отклонения ломаной от исходного контура, заданного множеством точек, полученных при сегментации границы, или отображающим растровый образ границы. При этом точность аппроксимации может выступать и в качестве критерия, и ограничения. Эта же задача возникает при отображении области  $\Omega$  или ее подмножества в требуемом масштабе.

**Математическая постановка задачи контурной аппроксимации.** Топологической моделью замкнутой неодносвязной области  $\Omega$  на плоскости является диск с  $n$  дырками [11]. С использованием односвязных областей  $\Omega_i$ ,  $i = 0, 1, \dots, n$ , с границами  $L_i = \text{Fr } \Omega_i$ , имеющими гомотопический тип окружности, она может быть представлена следующим образом

$$\Omega = \text{Cl } \Omega_0 \setminus \bigcup_{i=1}^n \Omega_i; \quad (1)$$

$$\text{Cl } \Omega_i \cap \text{Cl } \Omega_j = \emptyset \quad \text{при } i \neq j; \quad i, j = 1, 2, \dots, n; \quad (2)$$

$$L_i = \text{Fr } \Omega_i \setminus \Omega_i. \quad (3)$$

Здесь условие (2) определяет, что замыкания областей  $\Omega_i$ ,  $\Omega_j$  не имеют общих точек. Из (2) и (3) следует, что кривые  $L_i$ ,  $L_j$ , образующие границы этих областей, также не имеют общих точек; считаем, что они представляются спрямляемыми кривыми (в частности – ломаными).

Поскольку в рассматриваемой задаче нас интересуют отдельные компоненты границы, положим для краткости, что  $n = 0$ , т.е. рассматривается односвязный диск  $\Omega = \Omega_0$  с границей  $L = L_0$ .

С учетом того, каким образом получено первичное описание области  $\Omega$ , задача построения ее полигональной границы может иметь две основные постановки.

**Задача 1. Аппроксимация граничной полосы.** Аппроксимировать границу области  $\Omega$ , заданную неупорядоченным множеством граничных точек ("полосой")  $P$ , полученных в результате выделения границы растрового или сегментированного изображения этой области.

**Задача 2. Уменьшение избыточности вершин границы.** Из ГИС (или иного источника) имеем ломаную, имеющую избыточную точность представления границы, которую требуется упростить в смысле минимизации числа изломов.

Хотя в конечном счете область  $\Omega$  задается границей  $L$  в полигональном представлении, при решении частных задач оценки обстановки и прогнозирования эта область может задаваться сеткой [8] или континуальной областью, в частности – описываемой  $R$ -функциями [7] или гладкими кривыми. В этом отношении возникают как обратные задачи аппроксимации этими объектами полигональной области  $\Omega$ , так и прямые задачи полигональной аппроксимации области, заданной объектами соответствующего функционального класса.

**Задача 3. Аппроксимация границы области, заданной на сетке.** Аппроксимировать границу области  $\Omega$ , заданной не сеточной модели местности, ломаной.

**Задача 4. Аппроксимация границы области, заданной кривой функционального класса  $F$ .** Аппроксимировать границу области  $\Omega$ , заданной кривой  $l \in F$ , ломаной.

Как указано выше, особое значение имеет аппроксимация границы области  $\Omega$  эллипсом.

**Задача 5. Аппроксимация граничной полосы эллипсом.** Аппроксимировать границу области  $\Omega$ , заданную неупорядоченным множеством граничных точек ("полосой")  $P$ , эллипсом.

При решении задач 1 – 5 критерии и ограничения могут быть заданы в различных комбинациях; так, если для фильтрации предпочтительна аппроксимация в среднем, то для сохранения локальных особенностей трасс – использование метрики Чебышева. Использование же аппроксимантов, получаемых в  $\varepsilon$ -полосе, по сути, не представляет ни одну из них. Эту ситуацию наглядно иллюстрирует актуальная задача анализа выступов "игольчатой" формы, рассматриваемых в картографии, иридодиагностике и др. При использовании критериев типа СКО они срезаются, а построение аппроксиманта в  $\varepsilon$ -полосе ведет к неоправданному росту трудоемкости и получению решения с большей точностью там, где это не требуется. Для этого случая адекватным является построение полигона с анализом отклонения по Чебышеву. Однако, из-за сложности задач полигональной чебышевской аппроксимации для границ невыпуклых областей развитие эффективных

численных методов решения задач этого класса не получило эффективного развития.

В общем случае для поставленных задач в качестве критерия, определяющего требования задач мониторинга, могут рассматриваться число изломов, длина минимального сегмента, угол поворота и др. В качестве ограничений – уклонение в среднем или по Чебышеву, положение аппроксиманта с заданной стороны от исходного множества точек и другие показатели, которые переведены из разряда оптимизируемых критериев  $\eta \rightarrow \min$  в ограничения  $\eta \leq \eta^*$ . С учетом требований, предъявляемых к вычислительной эффективности решения задач мониторинга и отображения результатов прогнозирования, для каждого предлагаемого метода решения  $M$  требуется находить оценки его эффективности по показателям трудоемкости  $k_M$ , затрат памяти  $P_M$  и точности  $\Delta_M$ . Отметим, что величина  $P_M$  косвенно связана и с временем подготовки решения, поскольку ее величина определяет затраты на передачу исходных данных.

## Заключение

Ввиду значительного разнообразия критериев и ограничений в задачах контурной аппроксимации разработка эффективных методов решения поставленных задач для целей мониторинга ЧС возможна лишь в рамках единой унифицированной системы моделей и методов полигонального приближения, обеспечивающей унификацию как в отношении критериев и ограничений, так и моделей границ (сеток, гладких границ) и типов задач (отображения и моделирования). Подобный подход обеспечивает открытость и гибкость системы моделирования полигональных областей, принятой в ГИС, и способствует повышению оперативности прогнозирования (при подготовке решений, при передаче и отображении данных) за счет поиска компромисса между трудоемкостью получения и точностью представления решений задач оценки обстановки и прогнозирования.

## Список литературы

1. Мониторинг надзвичайних ситуацій / Абрамов Ю.О., Грінченко Є.М., Кірючкін О.Ю., Коротинський П.А. и др. – Х.: АЦЗУ, 2005. – 530 с.
2. Лбов Г.С. О методических принципах создания компьютерной системы имитационного моделирования чрезвычайных ситуаций и их последствий / Г.С. Лбов, В.Б. Бериков // ВИНТИ. Пробл. безоп. при чрезв. ситуациях. – 2002. – Вып. 1. – С. 116-123.
3. Коба К.Н. Модели и методы решения задач оценки распределения агрессивной среды при техногенных авариях / К.Н. Коба // АСУ и приборы автоматики. – 2003. – Вып. 123. – С. 72-80.
4. Разработка ГИС „Безопасность региона”: вероятностные модели и экспертные системы для районирования территорий по риску воздействия чрезвычайных ситуаций / В.В. Москвичев, А.М. Лепихин, Л.Ф. Ноженкова и др. // ВИНТИ. Пробл. безоп. при чрезв. ситуациях. – 2001. – Вып. 6. – С. 53-61.
5. Акимов В.А. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски / В.А. Акимов, В.Д. Новиков, Н.Н. Радаев. – М.: Деловой экспресс, 2001. – 304 с.

6. Есилевский В.С. Проблемы создания картографической информационной системы / В.С. Есилевский, В.Н. Кузнецов, Н.Л. Каменюк // Радиоэлектроника и информатика. – 2004. – № 2. – С. 155-159.

7. Максименко-Шейко К.В. Автоматизация построения уравнений геометрических объектов в методе R-функций / К.В. Максименко-Шейко, А.М. Мацевитый, Т.И. Шейко // Кибернетика и системный анализ. – 2006. – № 2. – С. 148-157.

8. Коба К.Н. Модели и методы решения задач маршрутизации в зоне техногенной аварии / К.Н. Коба, В.П. Путьтин // Радиоэлектроника и информатика. – 2003. – № 4. – С. 117-124.

9. Жадібо Є.Л. Безпека життєдіяльності / Є.Л. Жадібо, Н.М. Заверуха, В.В. Зацарний. – К.: Каравела, 2004. – 328 с.

10. Препарата Ф. Вычислительная геометрия / Ф. Препарата, М. Шеймос. – М.: Мир, 1989. – 480 с.

11. Лесная Н.С. Полигональная аппроксимация границ невыпуклых областей / Н.С. Лесная, А.С. Смелякова // Радиоэлектроника и информатика. – 2005. – № 3. – С. 73-82.

Поступила в редколлегию 25.09.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Ю.В. Стасев, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

#### КОНТУРНА АПРОКСИМАЦІЯ ОБЛАСТЕЙ НЕРЕГУЛЯРНОГО ВИГЛЯДУ В ЗАДАЧАХ МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

I.V. Ruban, A.C. Smelyakova

*У статті розглядається контурна апроксимація областей нерегулярного вигляду в задачах моніторингу надзвичайних ситуацій. Проведений аналіз просторових і тимчасових аспектів даних завдань, запропонований ряд основних і додаткових математичних постановок.*

**Ключові слова:** контурна апроксимація, моніторинг, надзвичайна ситуація.

#### CONTOUR APPROXIMATION OF AREAS OF IRREGULAR KIND IS IN THE TASKS OF MONITORING OF EXTRAORDINARY SITUATIONS

I.V. Ruban, A.C. Smelyakova

*In the article contour approximation of areas of irregular kind is examined in the tasks of monitoring of extraordinary situations. The analysis of spatial and temporal aspects of these tasks is conducted, the row of the basic and additional mathematical raising is offered.*

**Keywords:** contour approximation, monitoring, extraordinary situation.