УДК 551.515.9 + 519.816

Р.Э. Пащенко[1], Л.С. Весельская[2], М.В. Марюшко[3]

[1] *Институт радиофизики и электроники имени А.Я. Усикова НАН Украины, Харьков*
[2] *ООО Фабрика "Вариант", Харьков*
[3] *Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков*

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МАСШТАБА ПАВОДКОВОГО НАВОДНЕНИЯ

Рассмотрена структура системы поддержки принятия решения при определении масштаба поводкового наводнения с использованием нечеткого описания факторов влияния на возникновение наводнений. Показаны структуры блоков принятия решения о масштабе наводнения, карт рисков и справочной информации, а также базы данных наводнений, входящих в СППР. Предложен интерфейс СППР, который позволит лицу принимающему решение комплексно использовать различную информацию при принятии решения о масштабе наводнения.

Ключевые слова: *паводковое наводнение, масштаб наводнения, система поддержки принятия решения.*

Постановка проблемы и анализ литературы

Анализ стихийных бедствий, происходящих в последние десятилетия в целом на планете, показывает, что на первый план выходят катастрофы, связанные с наводнениями как природного, так и техногенного характера. Наводнения помимо материального ущерба (восстановление коммуникаций и экономики) так же вызывают тяжелые морально-психологические и социальные последствия [1]. Для повышения точности принимаемых решений в такой ситуации требуются вспомогательные информационные системы – системы поддержки принятия решений (СППР). В настоящее время под системой поддержки принятия решений понимается компьютерная автоматизированная система, целью которой является помощь людям, принимающим решение в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности [2].

Опубликовано несколько описаний СППР, используемых при решении задач в условиях различных чрезвычайных ситуаций (ЧС), например, на химически опасных объектах [3] или на энергосистемах [4]. В [5] описана СППР для принятия решений в паводкоопасных ситуациях. Основой оценки обстановки и динамики ЧС в данной СППР является моделирование процесса затопления территории и с использованием цифровой модели рельефа построение зоны затопления. После расчета происходит визуализация зон затопления, с учетом уклона рек на больших территориях, моделируется поднятие уровня воды в сложных гидросистемах с несколькими водотоками. На основе картографического анализа последствий ЧС система формирует перечень подтопленных объектов и ряд документов. Однако данная СППР не учитывают ряд факторов влияния на наводнения, а также не позволяет оперативно принимать решения о масштабе (характере) наводнения на его начальной и средней фазах. Проведенный анализ существующих СППР показал, что такие системы имеют блочную структуру, а СППР ЧС, как правило, содержат: блок моделирования ЧС; различные базы данных (БД); справочную информацию (силы и средства ликвидации ЧС, телефонные справочники, характеристика местности, планы эвакуации и т.д.); готовые решения (или сценарии ЧС).

В работе [6] представлен метод определения характера (масштабов) паводковых наводнений при нечетком описании факторов влияния. В данном методе прогнозируемые значения основных факторов влияния представляются в нечетком виде. Затем данные факторы влияния участвуют в формировании решения о масштабах наводнений. При этом предусматривается декомпозиция проблемы в иерархию, определение сравнительной важности факторов влияния на масштабы наводнения и бинарное сравнение важности предполагаемых наводнений по каждому фактору влияния. В результате проведенного анализа формируется (рассчитывается) вектор приоритетов масштабов наводнения.

На основе известных значений факторов влияния на паводковые наводнения, а также рассчитанных векторах приоритетов факторов влияния и масштабов наводнения в работе [7] предложен метод оперативного принятия решения о масштабах возможного поводкового наводнения. В [7] также показано, что при известных четырех наборах значений факторов влияния на паводковые наводнения, значения которых пересекаются, можно осуществить оперативное определение масштаба (характера) паводкового наводнения: низкий, высокий; выдающийся; катастрофический. Представляет практический интерес оценить возможность создания системы поддержки принятия решения о масштабах наводнения с использованием предложенных методов.

© Р.Э. Пащенко, Л.С. Весельская, М.В. Марюшко

Цель статьи: рассмотреть возможность создания системы поддержки принятия решения при определении масштаба поводкового наводнения с использованием нечеткого описания факторов влияния на возникновение наводнений.

Структура системы поддержки принятия решения о масштабах наводнения

Проведенный анализ существующих СППР, позволяет предложить структуру СППР при определении масштабов наводнений, показанную на рис. 1.

Рис. 1. Структура СППР

Как видно на рис. 1, предлагаемая СППР содержит четыре функциональных блока: блок принятия решения о масштабе наводнения, база данных (БД) наводнений, блок карт рисков, блок справочной информации. Рассмотрим подробно содержание каждого функционального блока.

Блок принятия решения о масштабе наводнения. В данном блоке реализуются рассмотренные в [6] и [7] методы прогнозирования масштабов наводнения при нечетком описании факторов влияния. Структурная схема блока представлена на рис. 2.

В данном блоке предварительно введены и сохраняются основные факторы влияния на возникновение наводнения и диапазоны изменения их численных значений, полученных с использованием экспертных оценок. При этом прогнозируемые значения этих факторов представляются в нечетком виде. Затем проведены их бинарные сравнения при различных численных пересекающихся значениях и рассчитаны вектор приоритетов факторов влияния и вектор приоритетов масштабов наводнений.

В начале принятия решения о масштабах наводнения, развивающегося в настоящий момент времени, лицо, принимающее решение (ЛПР), вводит текущие значения факторов влияния, полученные контактными методами. Затем в блоке принимается решение о масштабе наводнения (этапы работы блока показаны на рис. 2). В результате работы блока ЛПР выдается один из четырех возможных масштабов наводнения: низкий, высокий; выдающийся; катастрофический.

Таким образом, с использованием блока принятия решения о масштабе наводнения СППР лицо принимающее решение определяет один из четырех возможных масштабов наводнения, которое развивается в текущий момент времени.

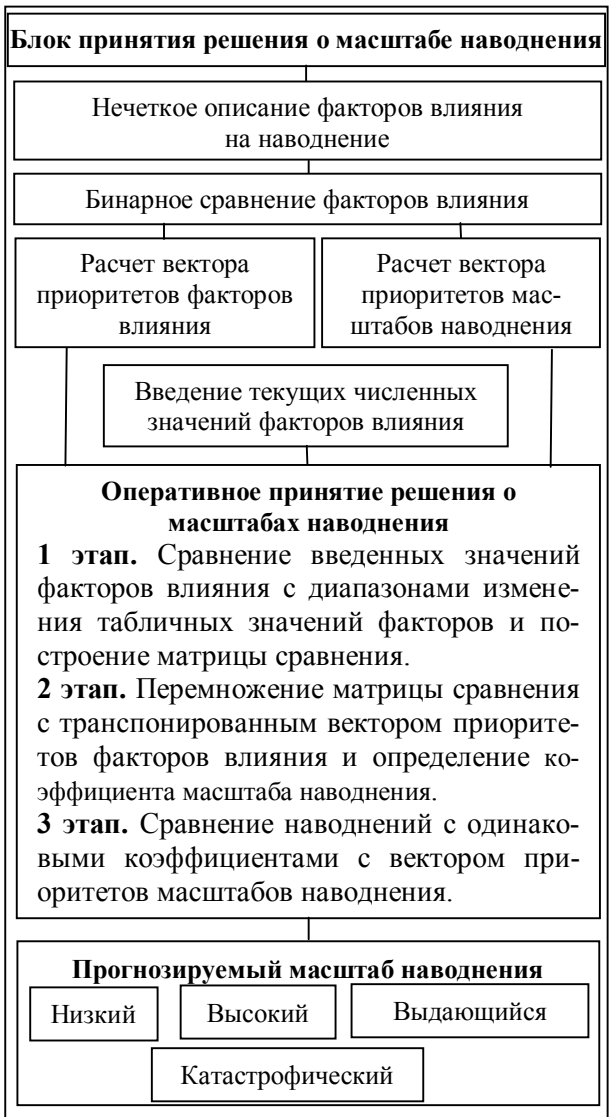

Рис. 2. Структурная схема блока принятия решения о масштабе наводнения

База данных наводнений. Для принятия решения о масштабах наводнения ЛПР также необходима информация, которая позволяет проанализировать статистику наводнений, их причины, характер, а также определить территории, на которых происходили наводнения, и периоды года, в которые наводнения происходят наиболее часто. Данная информация в СППР расположена в базе данных наводнений. Структурная схема информации, содержащейся в БД, показана на рис. 3.

База данных наводнений является малой справочно-информационной ГИС, которая содержит данные о прошедших поводковых наводнениях, которые привязаны к картам Украины и Европы.

При создании БД по Украине были учтены 49 затопленных пунктов. Для БД были созданы следующие таблицы: “Год”, содержит года, в которые происходили наводнения; “Месяц”, содержит месяцы, в которые происходили наводнения; “Класси-

фикация”, отображает классификацию наводнений по масштабу;“Наводнения_Укр”, содержит такие данные: город, поселок, область, где произошло наводнение – “Город”; долгота – “L”; широта – “B”; год, за который произошло наводнение – “Год”; месяц, в который произошло наводнение – “ID_месяц”; причина наводнения – “Причина”; классификация наводнения – “ID_класс”.

Рис. 3. Структурная схема информации, содержащейся в БД

Аналогичные таблицы были созданы для наводнений в Европе, в которые занесены 192 затопленных пункта.

Для отображения наводнений классифицированных по реализованному в блоке принятия решения методу, создана отдельная БД, которая содержит информацию обо всех факторах влияния на масштабы наводнения, затопленных территориях, стране, годе, месяце и классификации. Таким образом, БД позволяет осуществлять просмотр статистики наводнений, их причин, характера, определять периоды года, в которые они наиболее часто происходят.

Блок карт рисков. При принятии решения о масштабах наводнения также необходимо учитывать особенности местности, для которой принимается решение. Территории, для которых принимается решение, имеют разные степени риска возникновения наводнения, обусловленные различными природными и антропогенными факторами. В СППР данные рисков представлены в блоке “Карты рисков”. Структурная схема блока показана на рис. 4.

При создании карт рисков использовались данные о реках, водохранилищах и озерах, ГЭС, рельефе для всех областей Украины. Области были классифицированы на 4 класса опасности. На картах наивысшая степень опасности обозначена красным цветом, высокая степень – оранжевым, меньшая – желтым, а наименьшая степень опасности – зеленым цветом. Для каждого фактора строится отдельная карта. При создании общей карты учитывалось влияние всех факторов (количество рек, водохранилищ и озер, ГЭС, рельеф) на возникновение наводнения. Одесская область на карте выделена как аномальная, т.к. по всем факторам она имеет наименьший класс опасности, однако наводнения в ней происходят достаточно часто.

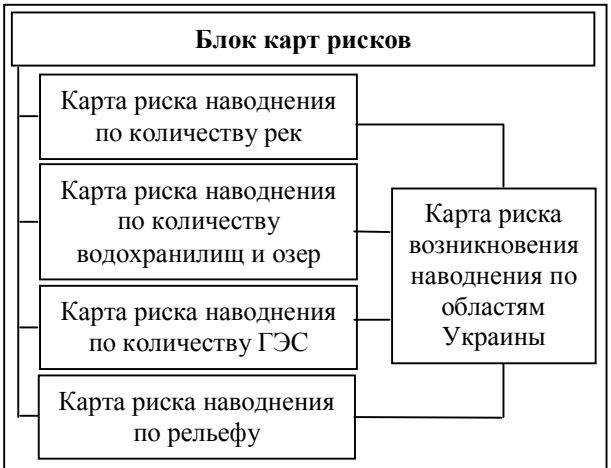

Рис. 4. Структурная схема блока карт рисков

Таким образом, блок карт рисков позволяет наглядно представить области Украины с различной степенью риска возникновения наводнения, обусловленные четырьмя природными и антропогенными факторами.

Блок справочной информации. Наряду с перечисленной выше информацией, ЛПР может понадобиться дополнительные данные справочного характера. Необходимую информацию целесообразно собрать и обобщить в одном блоке, который в СППР носит название “Справочная информация”. Структурная схема блока представлена на рис. 5.

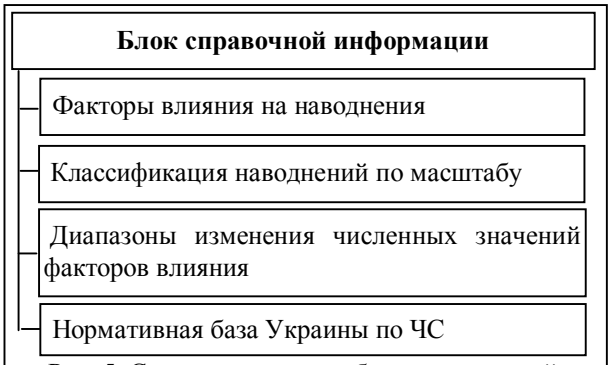

Рис. 5. Структурная схема блока справочной информации

В данный блок включена информация: о факторах влияния на наводнения; о возможной классификации наводнений по масштабу; о диапазонах возможных изменений численных значений факторов влияния на масштаб наводнения, а также некоторые нормативные документы Украины, касающиеся ЧС техногенного и природного характера. В настоящее время в данном блоке содержатся данные о 6 основных факторах, влияющих на масштабы наводнений: количество осадков; интенсивность осадков; продолжительность осадков; водопроницаемость почвы; увлажненность почвы; величина уклона рек. Также блок содержит характеристики четырех классов наводнений: низкое; высокое; выдающееся; катастрофическое. В справочные данные включены экспертные оценки диапазонов изменения четырех наборов

численных значений факторов влияния. Нормативная база Украины по ЧС содержит: Концепцію управління ризиками надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру; Постанови КМ України №1198 “Про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру” та № 1567 “Про затвердження Плану реагування на надзвичайні ситуації державного рівня”; Наказ МЧС України від 13.03.2012 № 575 “Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту”. Содержание справочной информации может быть расширено.

Таким образом, блок справочной информации позволяет ЛПР оперативно получать необходимую информацию для принятия решения.

Интерфейс системы поддержки принятия решения

Рассмотренная выше структура СППР программно реализована с использованием языка программирования C# (Microsoft Visual Studio) и представляет собой многооконную программу. Общий интерфейс СППР представлен на рис. 6.

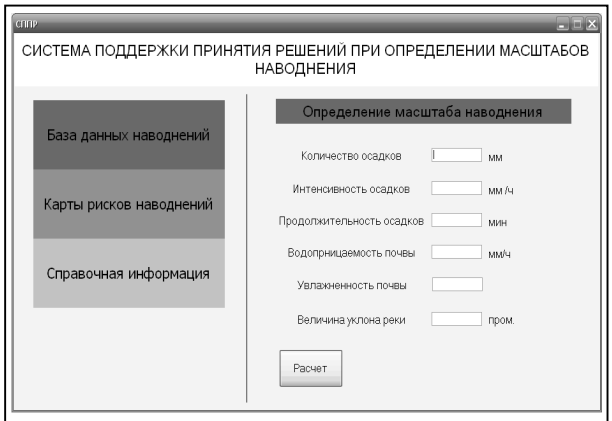

Рис. 6. Общий интерфейс СППР

В левой части интерфейса размещена информация, которая получена заранее и хранится в БД наводнений, блоке карт рисков и блоке справочной информации. В правой части интерфейса предусмотрена рабочая область для оперативного введения информация о текущих численных значениях факторов влияния, необходимых для принятия решения о масштабе наводнения, которое развивается в данный момент времени. В случае неправильного ввода или пустого поля появляется сообщение об ошибке. После ввода исходных данных и нажатия кнопки “Расчет” производится прогнозное определение масштаба наводнения. Результат обработки выводится в окно “Прогнозируемый масштаб наводнения”. При этом окно с прогнозируемым масштабом наводнения представляется в определенном цвете, который соответствует масштабу наводнения.

Внешний вид данного окна для катастрофического наводнения показан на рис. 7.

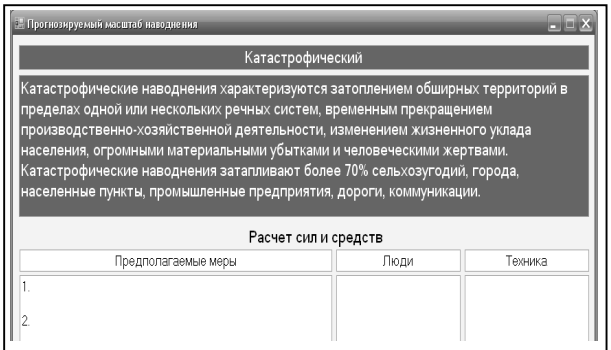

Рис. 7. Внешний вид окна “Прогнозируемый масштаб наводнения”

В верхней части окна, на соответствующем классу наводнения цветовом фоне, выдается информация о характеристиках наводнения данного класса.. Также в этом окне есть поля для расчета сил и средств: предполагаемые меры по ликвидации ЧС и необходимые для этого людские и технические ресурсы. Для заполнения этих полей необходимы дополнительные наработки специалистов по ликвидации ЧС, поэтому в настоящее время они являются пустыми.

При нажатии на пункт меню “Базы данных наводнений” в левой части интерфейса СППР появится новое окно “Наводнения в Украине” (рис. 8). В окне на карте Украины в виде цветного точечного объекта отображается место наводнения. В левом нижнем углу отображаются координаты точки, на которую наводится курсор. Для просмотра атрибутивной информации (город, поселок, область; долгота; широта; год; месяц; причина и класс наводнения) необходимо кликнуть по точечному объекту на карте.

Рис. 8. Внешний вид окна “Наводнения в Украине”

Для отображения наводнений в заданном году необходимо выбрать год в списке, затем нажать на кнопку “Год”. Для того чтобы вновь отображались наводнения за все года необходимо нажать на кнопку “Все года”. Для отображения наводнений по Европе необходимо нажать на кнопку “Европа”, после чего появится новое окно с картой Европы, на которой нанесены места, где происходили наводнения. Все эти кнопки размещены в правой части окна “Наводнения в Украине”. При нажатии на пункт меню “Карты рисков наводнений” в левой части интерфейса СППР появляется окно “Карта риска возникновения наводнения в Украине” (рис. 9).

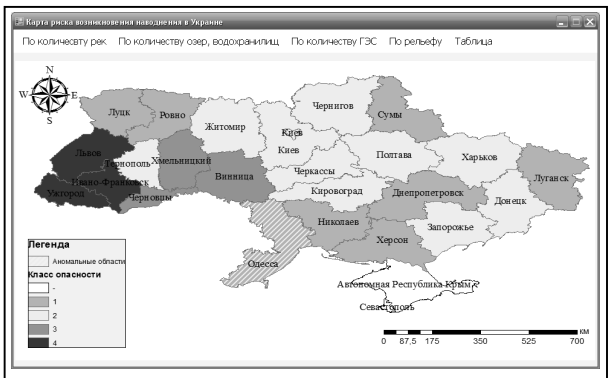

Рис. 9. Внешний вид окна “Карта риска возникновения наводнения в Украине”

В верхней части окна расположены пункты меню “По количеству рек”, “По количеству водохранилищ и озер”, “По количеству ГЭС”, “По рельефу” при нажатии на которые отображается соответствующая карта риска. Степень риска для каждой области на картах показана соответствующим цветом.

При нажатии на пункт меню “Справочная информация” в основном окне СППР появляется список четырех видов информации: о факторах влияния на наводнения; о классификации наводнений по масштабу; о диапазонах изменений численных значений факторов влияния; нормативная база Украины по ЧС. При выборе одного из видов информации появляется содержание данной информации, например, перечень факторов влияния, а при выборе необходимого фактора, например, “Количество осадков” появляется окно с кратким описанием.

Выводы

1. Разработана структура системы поддержки принятия решения при определении масштаба паводкового наводнения с использованием нечеткого описания факторов влияния на возникновение наводнений.

2. Разработан интерфейс СППР, который позволит лицу принимающему решение комплексно использовать различную информацию при принятии решения о масштабе наводнения.

3. При проведении дальнейших исследований целесообразно рассмотреть методику применения (действий ЛПР) разработанной СППР на разных этапах принятия решения.

Список литературы

1. *Воробьев Ю.Л. Катастрофические наводнения начала XXI века: уроки и выводы / Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов – М.: ООО “ДЭКС-ПРЕСС”, 2003. – 352 с.*
2. *Система поддержки принятия решений [Электронный ресурс] // Википедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_поддержки_принятия_решений.*
3. *Автоматизированная система поддержки принятия решений по ликвидации чрезвычайных ситуаций на химически опасных объектах / [Соколов Э.М., Панарин В.М., Горюнкова А.А. и др.] // Интернет-журнал ”Технологии техносферной безопасности” (http://ipb.mos.ru/ttb). – 2011. – № 1(35). – С. 1-8.*
4. *Гриб О.Г. Система поддержки принятия решения при аварийных ситуациях в энергосистемах / О.Г. Гриб, О.Н. Довгалюк, А.Л. Ерохин // Світлотехніка та електроенергетика. – 2008. – №4. – С. 64-68.*
5. *Ноженкова Л.Ф. Экспертная ГИС поддержки принятия решений в паводкоопасных ситуациях для территорий Сибирского региона / Л.Ф. Ноженкова, В.В. Ничепорук // Вестник КемГУ. – 2012. – № 4(52), Т.2. – С. 97-103.*
6. *Определение характера (масштабов) паводковых наводнений при нечетком описании факторов влияния / О.С. Бутенко, М.В. Буряченко, Л.С. Весельская, Р.Э. Пащенко // Збірник наукових праць “Системи обробки інформації”. – Х.: ХУПС, 2013. – Вип. 8(115). – С. 278-287.*
7. *Пащенко Р.Э. Оперативное принятие решения о масштабах паводкового наводнения / Р.Э. Пащенко, Л.С. Весельская, О.А. Барданова // Збірник наукових праць “Системи обробки інформації”. – Х.: ХУПС, 2016. – Вип. 2(139). – С. 196-200.*

Поступила в редколлегию 13.04.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.В. Полярус, Харьковский национальный автодорожный университет, Харьков.

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ МАСШТАБУ ПАВОДКОВОЇ ПОВЕНІ

Р.Е. Пащенко, Л.С. Весельська, М.В. Марюшко

Розглянута структура системи підтримки прийняття рішення при визначенні масштабу повідкової повені з використанням нечіткого опису чинників впливу на виникнення повеней. Показані структури блоків прийняття рішення про масштаб повені, карт ризиків і довідкової інформації, а також бази даних повеней, що входять до СППР. Запропонований інтерфейс СППР, який дозволить особі що ухвалює рішення комплексно використовувати різну інформацію при прийнятті рішення про масштаб повені.

Ключові слова: *паводкова повінь, масштаб повені, система підтримки прийняття рішення.*

DECISION SUPPORT SYSTEMS AT DETERMINATION SCALE OF FLOOD

R.E. Paschenko, L.S. Veselskaj, M.V. Marushko

The structure decision support systems at determination scale of flood is considered with the use unclear description factors of influence on the origin of floods. The structures blocks decision making about the scale of flood, cards of risks and certificate information, and also base data floods, entering in DSS, are rotined. The interface of DSS is offered, which will allow a person to the decision making complex to use different information for a decision making about the scale of flood.

Keywords: *flood, scale of flood, system of support of decision-making.*