

*У статті проводиться розрахунок показників точності дешифрування тематичних карт на базі теорії нечітких множин, що дає можливість визначити дешифрувальний потенціал знімків*

*Ключові слова: точність, ГИС, нечітка логіка, тематична карта*

*В статье производится расчет показателей точности дешифрования тематических карт на базе теории нечетких множеств, что дает возможность определить дешифровочный потенциал снимков*

*Ключевые слова: точность, ГИС, нечеткая логика, тематическая карта*

*Based on fuzzy set theory the calculation of the thematic maps decryption accuracy parameters is performed in this article which gives the opportunity to determine images decryption potential*

*Keywords: accuracy, GIS, fuzzy logic, thematic map*

# НЕЧЕТКИЕ МНОЖЕСТВА И РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЯ ТОЧНОСТИ ЦИФРОВЫХ КАРТ

**А. В. Бельчева**

Аспирант\*

Контактный тел.: (057) 702-13-78

E-mail: annija@yandex.ru

**Н. О. Манакова**

Кандидат технических наук, доцент\*

Контактный тел.: (057) 702-13-78

E-mail: NatalyM@rambler.ru

\*Кафедра инженерной и компьютерной графики

Харьковский национальный университет радиозлектроники

пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

## Постановка задачи

В настоящее время цифровые карты довольно широко применяются для решения различных прикладных задач, в зависимости от которых формируются требования к различным характеристикам карты, таким как: точность, актуальность, стоимость карты и др. Перед приобретением набора исходных данных разработчик выбирает наиболее подходящий вариант, учитывая все специфические особенности его задачи. Для того чтобы сделать правильный выбор нужно четко сформулировать основные критерии качества, которые позволяют объективно оценить экономическую эффективность использования конкретного картографического материала для решения поставленной задачи. В процессе принятия решения необходимо учесть все критерии, предложенные разработчиком и максимально избежать потери информации, которая возникает при использовании обычных методов классификации [10].

Актуальность такой задачи трудно переоценить, ведь в процессе разработки любого ГИС-приложения картографический материал всегда является пространственной основой. Дополнительная обработка исходных данных может в несколько раз увеличить сроки выполнения проекта, а недостоверность – поставить под сомнение полученные результаты. Поэтому степень соответствия набора данных поставленным задачам является критерием успеха любого проекта.

## Анализ последних достижений и публикаций

В области геоинформатики существует множество взглядов на проблему обеспечения качества цифровых карт. Подобные вопросы рассматривались различной

литературе [5, 6, 7, 8], но в основном для решения практических задач используются статистические методы, которые приводят к потере информации в задачах принятия решений.

Сегодня, для решения аналитических задач различного характера широко используются методы нечеткой логики [9,10], которые позволяют автоматизировать процесс анализа большого потока информации, учитывая сложность обработки данных, а также принимая во внимание все критерии, влияющие на принятие решения. Подобные системы являются достаточно гибкими – с возможностью расширения под конкретную задачу.

## Цель статьи

Целью данной статьи является показать преимущества использования методов нечеткой логики при оценке качества исходных данных в ГИС системах, где для получения наилучших результатов необходимо учитывать комплекс критериев, а также возможность их актуализации под конкретную задачу.

## Материал и результаты исследования

Любые пространственные и тематические данные, которые используются для разработки ГИС-приложений, имеют определенный класс точности. В зависимости от требований предъявляемых пользователем к ГИС-приложению, можно сформулировать требования и к точности данных.

Одна из основных задач которую необходимо решить – выбор наиболее подходящего источника данных, точность которого обеспечить корректную

работу приложения и удовлетворит требования пользователя.

В статье «Топографические карты масштаба 1:25000 на базе космических снимков SPOT5»Х. Какиучи, М. Онака, М. Асаи, Ф. Итох [2] опубликованы результаты исследования, в рамках которого рассматривалась возможность использования панхроматических снимков для составления топографических карт масштаба 1:25 000. Целью такого исследования было определить дешифровочный потенциал снимков производителя, руководствуясь значениями их плановой и высотной точности. Полученный результат дешифровки был сопоставлен с аэрофотоснимками и готовыми картами, принимая их за достоверные и точные данные. Результат такого исследования покажет, является ли значение плановой и высотной точности снимков производителя, с разрешением 2.5 м, достаточным для составления и обновления топографических карт масштаба 1:25000.

В ходе исследования были предложены минимально-допустимые значения плановой и высотной точности топографической карты для ее дальнейшего дешифрования (рис. 1).

Исходный картографический материал был разбит на сектора и проверен на соответствия данным требованиям (рис. 2).

Сравнивая сектора, удовлетворяющие требованиям к точности с аэрофотоснимками, можно было столкнуться с неточностями в дешифровке контуров рек и узких дорог (рис. 3).

По данному исследованию был сделан общий вывод о возможности использования снимков производителя с небольшой доработкой. Под доработкой понимаются дополнительные полевые изыскания и использование аэрофотосъемки.

Однако такой результат исследования не дает четкого ответа на вопрос: «какой сектор топографической

териальные вопросы необходим ответ в виде экспертных рекомендаций или «заключений» нечеткий ответ, который поможет принять решения в пользу оптимального варианта по качеству и стоимости. Для реализации такой системы необходимо воспользоваться аппаратом нечеткой логики.

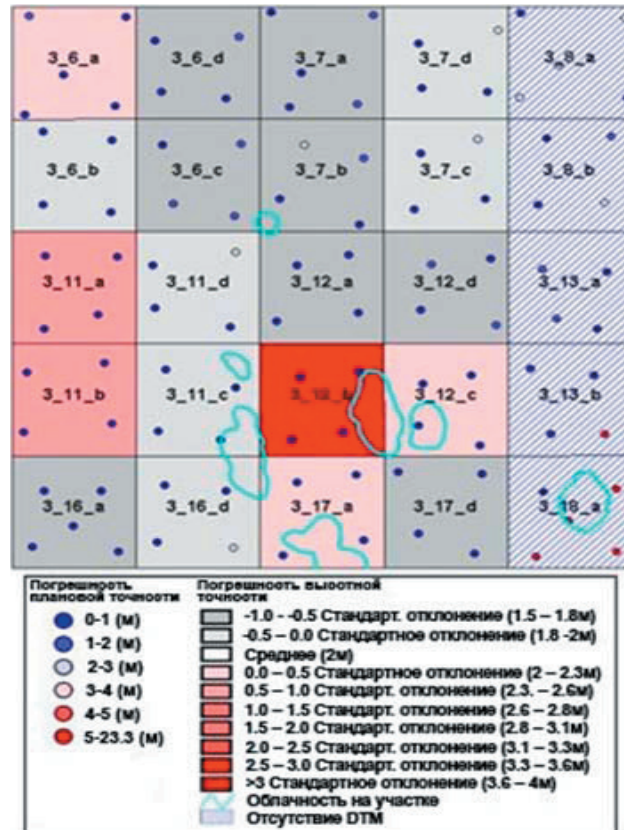


Рис. 2. Погрешности плановой и высотной точности

Цель данной работы определить возможность использования топографической карты для дешифрования, которая характеризуется ее точностью. Для того чтобы

| Масштаб  | Плановая точность, м | Сечение рельефа, м | Высотная точность, м |
|----------|----------------------|--------------------|----------------------|
| 1:10 000 | 2                    | 5                  | 1.5                  |
| 1:25 000 | 5                    | 10                 | 3                    |
| 1:50 000 | 10                   | 20                 | 6                    |

Рис. 1. Плановая и высотная точность

карты необходимо доработать, а какой нет?». И при наличии нескольких карт разных производителей, какому отдать предпочтение, если все соответствуют общим требованиям разработчика. Однако один из источников информации может быть точнее другого и, к примеру, ничем не отличаться по стоимости. На подобные многокри-



Рис. 3. Неточности дешифрования

избежать неточности в дешифрование, необходимо ужесточить требования производителя к исходному материалу. Тогда критерий пригодности карты можно сформулировать в качестве лингвистической переменной: «Если плановая и высотная точность карты высокая – то данная топографическая карта может использоваться для составления и обновления топографических карт масштаба 1:25 000». Принять решение, основываясь на данном правиле, человеку не составит большого труда, а вот для ГИС обработать и дать ответ на такой запрос затруднительно. В терминах нечетких переменных можно сформулировать подобный запрос достаточно точно[3]: карту можно использовать, если плановая точность меньше 2,5м, а высотная 1,5. Таких правил для решения данной задачи будет несколько.

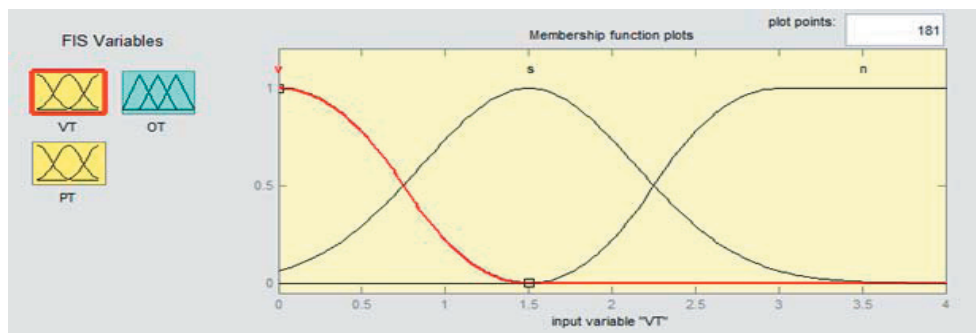


Рис. 5. Функции принадлежности критериев нечеткого запроса

ности», «средний класс точности» и «низкий класс точности» – значения, который принимает переменная (рис. 5).

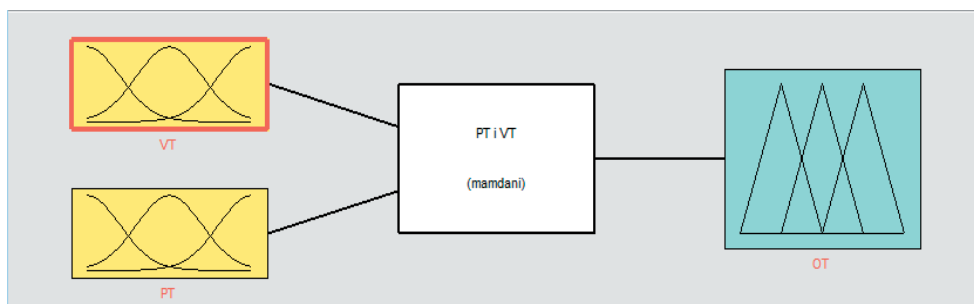


Рис. 4. Система нечеткого логического вывода

Для получения ответа на запрос о возможности использования топографической карты с помощью нечетких логических переменных необходимо построить соответствующие функции принадлежности для каждого из критериев, которые участвуют в запросе, то есть для плановой и высотной точности (рис. 4).

Для реализации такой системы нечеткого логического вывода можно воспользоваться средой Matlab, куда входит специальный модуль Fuzzy Logic Toolbox. Пакет имеет простой в освоении интерфейс, который позволит быстро и легко создать и диагностировать нечеткую модель. Графическое наполнение Fuzzy Logic Toolbox обеспечит возможность интерактивно наблюдать за поведением системы, строить графики, проекции результатов нечеткого вывода [4].

Введем для топографической карты три класса точности: высокий, средний и низкий. Чем меньше погрешность плановой точности, тем выше класс точности карты. В терминах теории нечетких множеств, «точность тематической карты» является лингвистической переменной, а «высокий класс точ-

Ответ на запрос, построенный на основе теории нечетких множеств, дает возможность пользователю выбрать карту с наилучшими показателями точности, так как принимает значения, которое характеризует степень пригодности данной тематической карты для составления и обновления топографических карт масштаба 1:25000 (рис. 7). В то время как результат логического анализа данных погрешности плановой и высотной точности (рис. 2) будет односложный: карта пригодна или нет, без возможности выбора оптимального варианта.

Для обработки запроса необходимо задать правила формирования функции нечеткого вывода, которая зависит от комбинации значений термов функций принадлежности критериев запроса. В редакторе базы знаний необходимо ввести правила (рис. 6).

```

1. If (VP is v) and (PT is v) then (OT is v) (1)
2. If (VP is v) and (PT is s) then (OT is s) (1)
3. If (VP is v) and (PT is n) then (OT is n) (1)
4. If (VP is n) and (PT is v) then (OT is n) (1)
5. If (VP is n) and (PT is s) then (OT is n) (1)
6. If (VP is n) and (PT is n) then (OT is n) (1)
7. If (VP is s) and (PT is v) then (OT is s) (1)
8. If (VP is s) and (PT is s) then (OT is s) (1)
9. If (VP is s) and (PT is n) then (OT is n) (1)
    
```

Рис. 6. Правила обработки термов нечеткого вывода

Визуализация логического вывода функции осуществляется с помощью модуля Fuzzy Logic Toolbox, который позволяет оценить работу целевой функции по каждому правилу (рис. 7). Интерфейс данного модуля позволяет ввести значения плановой и высотной точности карты и мгновенно получить нечеткий ответ – общую точность карты.



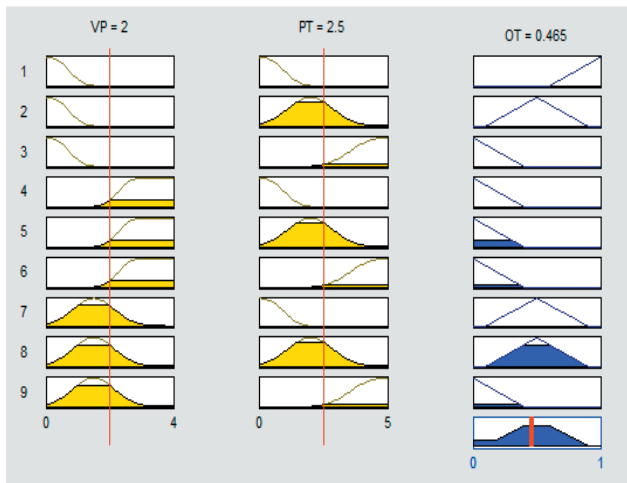


Рис. 7. Функция нечеткого вывода

Результаты работы данной нечеткой системы также можно представить в виде графика (рис. 8), где цвета и форма описывают наиболее благоприятные значения выходной функции.

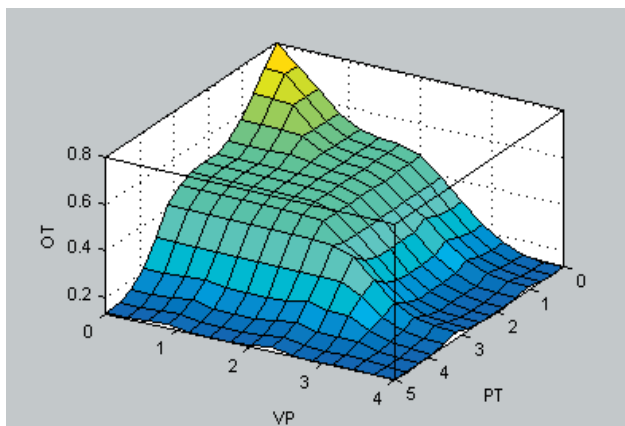


Рис. 8. Общая точность топографической карты

Пользователю также предоставляется возможность ввода входных параметров, которые откладываются по осям X и Y, а выходная характеристика по Z.

Таким образом, подбирая материал для дешифрования, разработчикам предоставляется возможность выбора источника данных, который наиболее соответствует требованиям поставленной задачи. Данная система не исключает возможности расширения входных характеристик, при необходимости ее можно до-

полнить и другими критериями, к примеру: стоимость, актуальность, специфика обработки и дешифрования, необходимое ПО и др.

**Выводы**

Данный подход обеспечивает пользователя подробной информацией для принятия решения, а, следовательно, позволяет подобрать наиболее подходящий картографический материал для дешифрования. Такой обоснованный выбор картоосновы может привести к существенной экономии временных и материальных затрат при реализации ГИС-проектов, а гибкость системы позволяет добавлять различные критерии (к примеру: цена, достоверность, дата изготовления и т.д.) актуализируя формулировку запроса.

**Литература**

1. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети, Издательство: Бином, 2006.
2. Х. Какиучи, М. Онака, М. Асаи, Ф. Итох, Pasco Corporation, DMS Corporation Ltd. Топографические карты масштаба 1:25 000 на базе космических снимков SPOT 5, Токио, Япония, 2004.
3. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book2/index.php>.
4. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде МАТНЛАВ и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. — СПб.: БХВ — Петербург, 2005. — 736 с.
5. Д. Ласселин, Е. Бретон, Ж.П. Семпьер, Ж.Ф. Канту, IGN Espace, Рамонвиль Оценка потенциала географических данных снимков SPOT 5, Франция, 2004.
6. В.Н. Адров, Ю.И. Карионов, П.С. Титаров Определение точностных характеристик снимков QuickBird., Омск, Россия, 2005.
7. С.А. Самодумкин, М.Д. Степанова, Н.А. Гулякина, Управление данными в Геоинформационных системах. Минск 2006.
8. Денис Рыков, Матрица ошибок и расчет показателей точности тематических карт, 2010 / <http://gis-lab.info/qa/error-matrix.html>.
9. Питенко А.А. Нейросетевой анализ в геоинформационных системах. Красноярск, 2000.
10. Tahsin A. Yanar and Zuhalekyurek The Enhancement of ArcGIS with Fuzzy Set Theory, 2004.