

ЮГОЗАПАДЕН УНИВЕРСИТЕТ „НЕОФИТ РИЛСКИ“

ПРИРОДО - МАТЕМАТИЧЕСКИ ФАКУЛТЕТ

Катедра „География, екология и опазване на околната среда“



инж. Галина Венциславова Безинска

**КАРТОГРАФСКИ МЕТОДИ ЗА ИЗОБРАЖАВАНЕ СЪДЪРЖАНИЕТО
НА ТЕМАТИЧНИТЕ КАРТИ В ЦИФРОВА СРЕДА –
ПРОБЛЕМИ И РЕШЕНИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

за присъждане на образователната и научна степен „доктор“

Професионално направление 4.4. „Науки за Земята“

Научна специалност „Картография и тематично картографиране“

Научен ръководител

доц. д-р инж. Пенка Кастрева

Благоевград, 2017

Дисертационният труд е обсъден и предложен за защита на заседание на катедра „География, екология и опазване на околната среда“ при ЮЗУ „Неофит Рилски“ – Благоевград, проведено на 12. 01. 2017 г.

Дисертантът е бил свободен докторант в катедра „География, екология и опазване на околната среда“ при Природо-математически факултет на ЮЗУ „Неофит Рилски“ – Благоевград, където са извършени изследванията по дисертационния труд, направени с лицензиран софтуер ArcGIS 9.3.

Дисертационният труд съдържа увод, четири глави, изводи, списък на използваната литература, списъци на фигурите и таблиците, приложения.

Общият обем на дисертационния труд е 275 страници., включително 22 таблици и 46 фигури. Към дисертацията има 24 приложения, които представят различни характеристики на водосбора на река Места. Списъкът на цитираната литература съдържа 164 заглавия, от които 52 на кирилица, 86 на латиница и 26 интернет източника.

В настоящия автореферат е запазена номерацията на таблиците и фигурите от оригиналния текст, а съдържанието е съкратено и преработено.

Публичната защита на дисертацията ще се състои на **28.03.2017** г. от **14.00** часа на открито заседание на назначеното по процедура научно жури, в зала **4401** на IV-ти учебен корпус, ЮЗУ „Неофит Рилски“ – Благоевград.

Материалите по защитата са на разположение на заинтересуваните в катедра „География, екология и опазване на околната среда“, кабинет 4102 на IV-ти учебен корпус, ЮЗУ „Неофит Рилски“ – Благоевград.

УВОД

Всички тематични продукти имат за цел да представят ясно и ефективно графичните връзки на представената географска информация. Тази цел може най-добре да бъде постигната чрез преобразуване на пространствените подробности в графични условни знаци, които се използват, за да представят съответната тема. Подходящото графично изобразяване е необходимо условие при планиране на тематичната карта, за да бъде всеки потребител способен да възстанови или дешифрира информацията, както и тя да бъде предадена с най-малко загуба на подробности. За да се постигне тази цел, по един ефективен и обективен начин, са били разработени и използвани в картографските дисциплини методи за тематично картографиране. Тази теоретична рамка от методи може да се разглежда като важни принципи в картографските процеси.

Приложението на тематичните картографски методи не са автоматичен резултат от оптимизирани решения. С други думи, перфектни карти не може да се произвеждат само чрез компютърни операции и мрежа от алгоритми. Това изисква уменията и опита на картографа, за да избере подходящия метод за представяне на информацията. Всяка мрежа от геопространствени данни може да бъде преобразувана в различни алтернативни картографски изображения. Всяко от тях може да се разглежда като възможно графично описание на данните със специфични предимства и ограничения. От различните картографски решения се избира най-подходящото за предаване на изискваната информация. Това е отговорност на картографа, който трябва да избере най-подходящ метод за изобразяване, като се има предвид също и изискването на евентуалния потребител.

Съвременно състояние и изученост на проблема. Счита се, че картите са продукт на уникална форма на изкуство с над 2000-годишна история. Някои историци твърдят, че те са „най-старите илюстрации на примитивно изкуство“. От древността и до днес картите са най-ценният инструмент за изучаване сложността на планетата и вселената. Съвременната ера бележи забележителен напредък в картографията. Блогове и интернет сайтове визуализират голямо количество данни бързо и ефективно.

Много наши и чужди автори са работили по различни картографски дейности, при които са настъпили значителни промени, породили се от коренно различната среда на съставяне на картите. Проблемите, които попадат в обхвата на компютърната картография включват картографско моделиране (Tomlin D. & Berry J., 1979), картографска генерализация (Василев С., 1997), (Идриси Б, 2004), максимално автоматизиране на картографските знаци (Бандрова Т., 2001), класификация и методи за изобразяване на данните (Slocum T., McMaster R., Kessler F., Howard H., 2009) и поставяне на надписи. В тази работа ние разглеждаме **картографските методи за изобразяване на тематичното съдържание на картите**, поради настъпилите промени на начина на визуализация на картографската информация.

До настоящия момент авторът е срещнал различни наименования на картографските методи в нашата и чужда картографска литература. При голяма част от тях (макар и с различни имена) има пълно припокриване на

вложения смисъл и съдържание какво се изобразява. При други, случаят е противоположен – еднакви имена на методите, но съвсем различен начин за изобразяване на обектите и явленията. Появата на компютърните и ГИС технологии също наложиха коренно различни наименования, съдържание и употреба на картографската визуализация (изображение).

В изследваната литература не е срещана класификация на методите по някакви признаци с цел тяхното унифициране. Западната литература споменава за 9 на брой най-често използвани методи, а в руската те са 12. Към тези методи не се причисляват новите геоизображения, въпреки че те са най-голямата промяна и един по-различен начин за картографско представяне на данните.

Има някои картографски принципи, които трябва да се вземат предвид, за да може една карта да бъде точна и естетически направена. Липсата на такива принципи често води до предлагане на крайни продукти, които са по-скоро безвкусна цветна илюстрация, отколкото картографски продукт.

Споменатите по-горе причини са предпоставка за извършване на един нов прочит на картографските методи, които да се спазват от тези общности. Този опит за ревизия на използваните методи в новите условия е породен и от усилията за подобряване качеството на картографските материали.

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуални проблеми и тенденции: Последните години на XX и началото на XXI век се характеризират с ускорено развитие на информационните технологии и безспорно те ще са ядрото на нова система за управление и контрол на обществото и околната среда. Многократно се увеличи и ще се увеличава информационният поток от данни между отделните системи. Всичко това допринесе за увеличаване на ролята на пространствените данни, а ГИС са новото измерение на света.

От една страна, голяма част от теоретичните основи на картографията са в основата на Географските информационни системи (ГИС) (Anson, R.W., Ormeling, F.J., 1996; 2001; 2002), а от друга страна съвременните карти се създават изключително с помощта на ГИС инструментите, затова днес става все по-трудно те да се разглеждат отделно. Това съчетание на старото и новото, освен очевидни ползи за картографията, доведе и до някои несъответствия и недостатъци.

Във връзка с това, се налага преразглеждане на някои теоретични въпроси в картографията в съответствие с новите технологии. Тук се разглеждат съвременните представи за формирането на знаковата система при тематичното цифрово картографиране и е показано едно ново виждане за същността на този процес и връзката му с картографското моделиране.

Цел и задачи на дисертацията: Целта е да се ревизират картографските методи за изобразяване съдържанието на тематичните карти и да се посочат техните модификации във връзка с промяната на средата на проектиране и съставяне на картите.

Задачите за постигане на целите са:

1. Да се анализират настъпилите технологични промени в картографията, предизвикали и промени в използваните картографски методи;
2. Да се изследва произхода и значението на картографските термини и да се направят препоръки за отстраняване на някои несъответствия, особено свързаните с картографските методи на изобразяване;
3. Да се направи нова класификация на картографските методи в условията на цифрова среда;
4. Да се изследва ефективността на различни класификационни методи на данните в ГИС среда и да се направят препоръки за тяхното използване;
5. Картографските методи да се приложат в условията на цифрова среда при хидроложкото цифрово картографиране и анализ, да се оцени тяхното използване – предимства и недостатъци;
6. Да се изследва точността на цифровия картографски модел, ползван от МОСВ за басейново управление, да се направят

препоръки за неговото подобряване от картографска гледна точка;

7. Да се създаде база данни от показателите, които характеризират водосбора на р. Места, както и да се съставят характерни за него хидроложки карти. Да се оценят възможностите и приложат най-новите методи за визуализиране на данните.

При така формулираните задачи се вижда, че дисертационният труд акцентира главно на теоретични проблеми и въпроси от съвременната картография, като се търсят решения за преодоляване на възникналите несъответствия между новите и стари технологии. Картографските методи за изобразяване съдържанието на картите, разгледани в цифрова среда, намират своето практическо приложение и демонстрация на една малка част от тематичното картографиране, а именно в областта на хидрологията.

Обект на изследване са картографските методи за изобразяване съдържанието на картите в условията на цифрова среда. Изследват се техните промени, предизвикани от коренно различната среда на проектиране, съставяне и използване на картите.

Предмет на изследване са принципи, методи, технологии на тематичното картографиране по примера на съставяне на различни хидроложки карти.

Методи и средства на изследване: Изследванията в дисертацията са построени на система от картографски подходи, опиращи се на методологическите основи на тематичното картографиране, на достиженията в областта на цифровите компютърни технологии и в частност на ГИС технологиите.

В основата на изследванията като методологическа база са използвани класическите трудове на наши и чужди учени за: общегеографско картографиране, изложени в работите на Коев, Заруцкая, Берлянт, Робинсон, Слокум; за съвременните достижения в областта на геоинформационното картографиране и моделиране на релефа, отразени в работите на Пл. Малджански, А.М. Берлянт и Ив. Чолеев; принципите и картографските методи на тематично изобразяване и изследване, предложени от А. М. Берлянт, К. Салищев, А. Робинсон, Т.Слокум, Ормелинг и др.

ОБЕМ И СТРУКТУРА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Дисертационният труд се състои от четири глави, списък на използваните съкращения, терминологичен речник, списък на фигурите и таблиците, списък на използваната литература и картни приложения към него.

Съкратено съдържание на дисертацията е следното:

Увод

Глава 1 Съвременно състояние, актуални проблеми и тенденции в развитието на тематичната картография

1. Тематична картография
2. Основни картографски дефиниции и понятия в светлината на компютърната картография
3. Кратък преглед на методите за картографско изобразяване
4. Сравнителен анализ на методите между различни картографски школи - прилики и разлики

Изводи

Глава 2 Проблеми и решения на съвременната картография в България, свързани с картографските методи

1. Терминологични проблеми в картографията
2. Класификация на методите за тематично картографиране в цифрова среда – модификации и преобразования
3. Статистически методи в тематичната картография

Резултати и изводи

Глава 3 Приложение на картографските методи в хидрологията

1. Общи сведения за хидроложките модели и карти
2. Класификация на хидроложките карти
3. Източници, съдържание и картографски методи за съставяне на хидроложките карти

4. Хидроложко моделиране

Резултати и изводи

Глава 4 Картографски изследвания за водосбора на р. Места

1. Географска характеристика на басейна на р. Места
2. Описание на структурата на географската база данни за интегрирано управление на водите в Република България
3. Анализ и оценка на географската база данни за интегрирано управление на водите в Република България
4. Хидроложки анализ на водосбора на р. Места
5. Експериментални изследвания за ефективността на картографските методи на изобразяване
6. Интерактивна карта на водосбора на р. Места

Резултати и изводи

Заключение

Основни приноси

Бъдещо развитие

Публикации, свързани с дисертацията

Използвана литература

Списък на картите (в приложения към дисертационния труд)

КРАТКО ОПИСАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Глава 1 Съвременно състояние, актуални проблеми и тенденции в развитието на тематичната картография

В тази глава се обосновава актуалността на темата, свързана с настъпилите промени при тематичното картографиране през последните десетилетия. Акцентира се на развитието на картографските методи и свързаните с тях понятия, като картографска семиотика, новите картографски изображения и др., разглеждани в светлината на компютърната картография.

В резултат на литературния обзор е проучена теорията на методите за картографско изобразяване и е направен сравнителен анализ между различни картографски школи.

Таблица 1.8 синтезира проучванията, извършени от автора на англезична (английска и американска), руска и българска литература. Установени са съществени различия в термините, понятията и методите между отделните школи, обусловени от традициите в тези страни, а в последните години и от непрекъснато развиващите се информационни системи.

Предвид горните аргументи считам, *че се налага ревизия на теоретични и терминологични понятия, свързани с картографските методи за изобразяване.*

Глава 2 Проблеми и решения на съвременната картография в България, свързани с картографските методи

В тази глава е направен опит да се даде един кратък и избран преглед на понятията, свързани със съвременната картография. Направени са предложения да се използват български наименования за някои от популярните картографски термини, които се срещат в ГИС софтуерните продукти. Това е особено важно при превод на интерфейса на чужди продукти, които имат приложения в наши изградени информационни системи.

Повече внимание е обърнато на термините, свързани с картографските методи на изобразяване. Въз основа на направения сравнителен анализ за различни картографски школи са установени различни наименования по света на практически едни и същи методи, или пък се използват едни и същи термини на методи с различно съдържание. Например, термините картографска визуализация и картографски метод на изобразяване; картограма и choropleth map; количествен фон и choropleth map; анаморфоза и cartogram. Установи се пълно съответствие, както по съдържание, така и като тълкуване на следните методи: „Chorochromatic” и „Качествен фон”; „Dot maps” и „Метод на точките”; „Flow line maps” и „Линии на движение”; „Isoline maps” и „Метод на изолиниите”.

Направена е класификация на картографските методи в зависимост от различни критерии, която неизбежно се налага поради използваните стари и нови технологии.

Руска школа	Българска школа	Западна школа	Наименование в ГИС инструментите
Метод на немащабните знаци	Метод на знаците	Qualitative and quantitative point symbols	Single symbol
Метод на линейните знаци	Метод на линейните знаци	Lines symbols	Single symbol
Метод на изолиниите (псевдоизолинии)	Метод на изолиниите	Izarithmic mapping	Contour
—	Метод на псевдоизолиниите	—	—
Метод на качествения фон	Метод на качествения фон	Qualitative area symbols	Categories
Метод количествен фон	Метод количествен фон	—	GRID
Метод на локализираните диаграми	Метод на локализираните диаграми	Proportional and Graduated symbols	Proportional and Graduated symbols
Точков метод	Точков метод	Dot maps	Dot density
Метод на ареали	Метод на ареали	—	—
Метод на знаците за движение	Метод на знаците за движение	Flow maps	—
Метод картограма	Метод картограма	Choropleth mapping и Stepped statistical surface	Graduated colors
—	—	Chorochromatic mapping	—
Метод картодиаграма	Метод картодиаграма	Proportional symbols	Charts
Метод анаморфоза	—	Cartograms	Cartograms
Дазиметричен метод	Дазиметричен метод или уточнена картограма	Dasymetric mapping	Kernel density (point and line)
—	—	Chorodot map(комбинация между dot и choropleth map)	—

Таблица 1.8 Сравнителен анализ на методите между различните школи

Дадената по-долу класификация на методите изразява личното мнение на дисертанта. С тяхна помощ считам, че ще се даде по-добра представа кои от методите са припокриващи се по съдържание и могат да се обединят, и кои дават съвсем нов начин за изобразяване на географските обекти или явления и могат да се считат като нов тип картографски метод.

Предложени са следните класификации на картографските методи:

- Класификация на методите в зависимост от картографираните данни;
- Класификация на методите в зависимост от използваните картографски знаци;
- Класификация на методите в зависимост от използваните технологии.

Поради наличието на множество методи, които преди всичко се основават на използваните картографски знаци, е направено предложение за обединяването им. Конкретните предложения са:

- Методът на знаците (машабни и немашабни), методът на локализираните диаграми и методът на картодиаграмата да се обединят с наименованието „метод на знаците“. В западната литература и ArcGIS те съответстват на „Proportional Symbol“ и „Graduated Symbol“;
- Методите „Изолинии“ и Псевдоизолинии“ да се обединят с наименованието „Метод на изолиниите“ (Isolines, Isarithms);
- Идентичните по съдържание методи „Cartograms“ и „Анаморфози“ от западната и руска школи се обединяват с наименованието „Метод на картограмата“;
- Методите „Картограма“, „Количествен фон“, „Ареал“ (за количество) се обединяват с наименованието „Количествен фон“ (Choropleth);
- Методите „Качествен фон“ и Ареал (за качество) се обединяват с наименованието Качествен фон (Chorohromatic);
- Визуализиращи методи за статистически повърхнини.

В тази глава също са разгледани някои основни статистически понятия и правила, които се използват при тематичното картографиране. Направен е преглед на методите за класифициране на данните при една променлива, който показва, че има много методи особено за категоризиране на числени данни. Повечето ГИС и десктоп картографски пакети предоставят възможности за класификация с равни интервали, квантили, стандартни отклонения и естествени граници. От направените изследвания на предимствата и недостатъците на най-често използваните класификационни методи, се установява, че някои методи произвеждат карти, които донякъде може да са подвеждащи за променливи, които не са с равномерно разпределение. Следователно, правилният подход за класифициране на данните в картографията, е да се намерят класове (групи), които да сведат до минимум разликите между стойностите във всяка категория и да увеличат разликата

между групите. В резултат от тези изследвания са изведени важни заключения как да изберем подходящия метод при различни разпределения на данните.

Предложени са препоръки за избор на класификационен метод на данните като са изследвани два начина на разпределение. Използвани са данни от изчислените морфометрични характеристики в Глава 4.

Предложените препоръки от автора са следните:

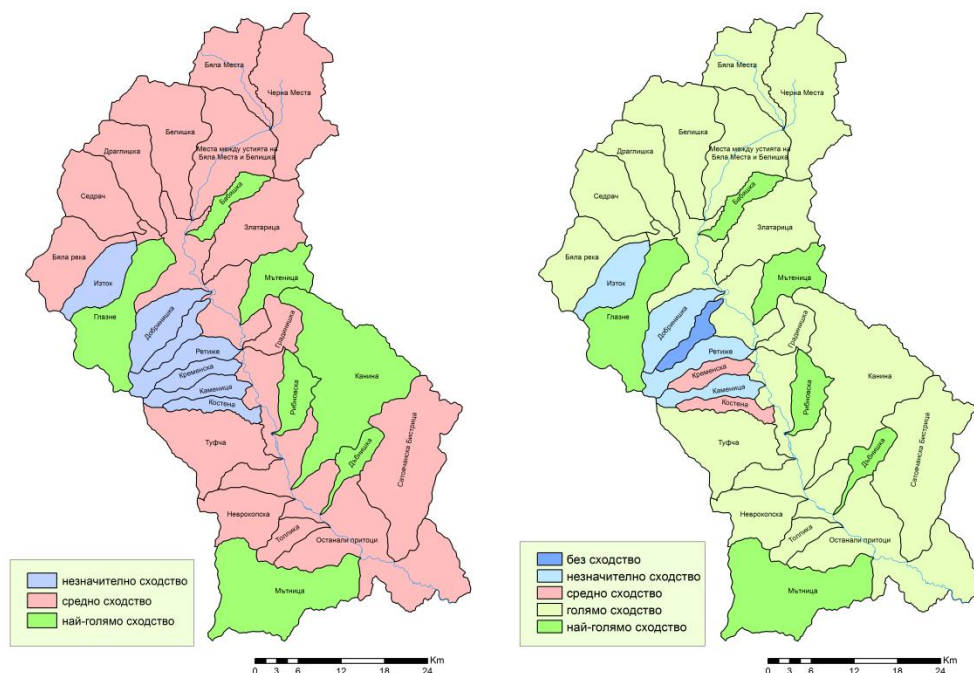
- Ако данните са неравномерно разпределени (много обекти имат еднакви стойности или забележими разлики между стойностите) е препоръчително да се класифицират като се използва метода „Естествени граници“;
- Ако данните са равномерно разпределени и е необходимо да се подчертае разликата между обектите (променливите), е препоръчително да се класифицират като се използва метода „Равни интервали“ или „Стандартно отклонение“;
- Ако данните са равномерно разпределени и трябва да се покажат относителните разлики между обектите е препоръчително да се класифицират като се използва метода „Квантили“;
- Ако данните са равномерно разпределени и имаме една много голяма (или много малка) стойност, която изкривява разпределението е препоръчително да се използва метода „Геометрични интервали“.

Когато се класифицират две и повече променливи се използват други подходи. Един от тях е клъстерният метод. В дисертацията функцията K-Means в ArcGIS е използвана, за да се анализират кои водосбори имат сходни характеристики (Виж глава 4). Класификацията е извършена по две характеристики – Неравност на релефа (Melton ruggedness number) и Гъстота на речната мрежа (Density catchment). Клъстерният анализ е направен два пъти – при три групи и пет групи.

Изследванията при клъстерния анализ също доказват, че е важен подбора на броя на групите. От направените множество експерименти с различен брой групи, за данните които се използват се установява, че най-подходящо е разпределението в три групи, като:

- В първа група попадат 7 от общо 28 водосбора, във втора – 6 и в трета – 15;
- Най-голямо е сходството на двете характеристики едновременно на водосборите от трета група и най-малко в първа.

За избора на броя на групите е много важно картографът да може да разчита статистическия анализ, автоматично изведен от ArcGIS. На Фиг. 2.12 може да се види сходството на водосборите при три и пет групи.



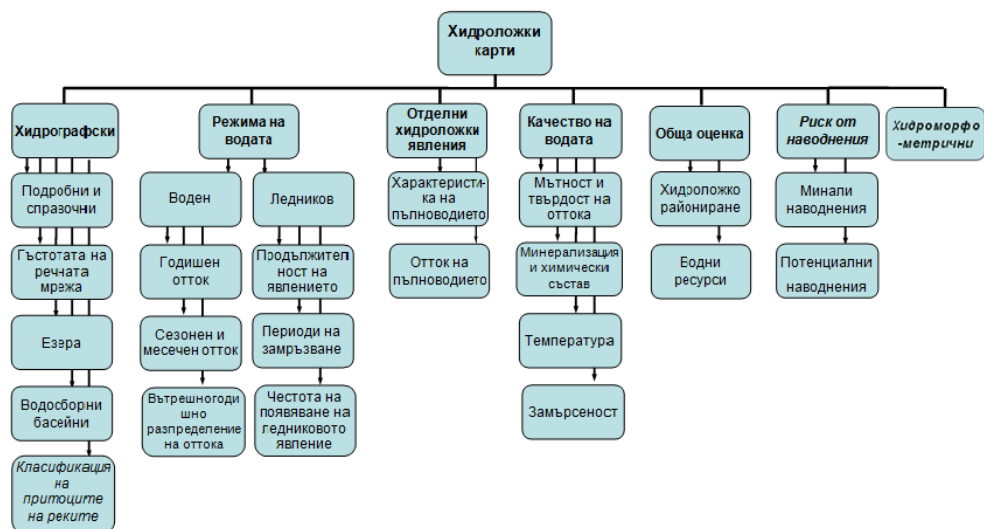
Фиг. 2.12 Групиране на водосборите в три и пет групи

Глава 3 Приложение на картографските методи в хидрологията

В тази глава се разглеждат хидроложките карти и приложението на картографските методи при тях. В условията на новите технологии хидроложките карти са резултат от създадените хидроложки модели. Всички хидроложки модели се основават на създадени преди тях картографски модели.

Подробно е разгледана класификацията на хидроложките карти, разработена от Божилина и колектив през 2010 г., която е сравнително нова. Въпреки това авторът счита, че в резултат на приложението на новите технологии е необходимо тя да бъде допълнена с две нови групи. През последните години масово се произвеждат карти за територии с риск от наводнения. Тъй като предмета на картографиране е различен от останалите групи (по Божилина А. Л., 2010), считам, че се налага в класификацията добавянето на група „Риск от наводнения“.

Тъй като по същата тази класификация няма група карти, които да са свързани с хидроморфометрични характеристики на водосборен басейн, тук е добавена такава група. Тези карти изцяло се получават на основата на цифров модел на релефа и тяхното съставяне е възможно само в условията на цифровото картографиране. Допълнената класификация на хидроложките карти е дадена на Фиг. 3.1.



Фиг. 3.1 Основни видове хидроложки карти (Източник: Божилина А. Л. и колектив, 2010; Класификацията е допълнена от докторанта).

Показана е методика за *картографско моделиране* на водосборен басейн (разработени т.4.2 и 4.3), която да се използва за хидроложки цели, а именно за създаване на хидроложки и хидравлични модели. Формулирани са основните стъпки за получаване на хидроложки модел от съществуваща топографска карта, които докторантът използва за получаване на растерните модели на изчислените хидроморфометрични характеристики в Глава 4. По-долу са изброени последователните стъпки и използваните функции в ArcGIS:

- 1) Обработване и коригиране на DEM (**Fill**);
- 2) Изчисляване на посоката на повърхностния отток (**Flow direction**);
- 3) Изчисляване на акумулирано водно течение или поток (**Flow accumulation**). Определят се територии, където се събира водата на основата на площта и наклона;
- 4) Изчисляване на праг на натрупване в растерните клетки (**Flow accumulation threshold cells**);
- 5) Идентифициране на водно течение (поток) при определен праг;
- 6) Изчисляване на растерна мрежа от водни течения (потоци) (**Stream network creation**);
- 7) Конвертиране на растерната мрежа във векторна речна мрежа;
- 8) Изчисляване на връзки (точки на вливане) за растерната мрежа;
- 9) Изчисляване на водосбори от растерната речна мрежа (**Catchments delineation**);
- 10) Конвертиране на растерни водосбори в полигони (създаване на shp файлове).

Глава 4 Картографски изследвания за водосбора на река Места

1. Географска характеристика на басейна на р. Места

Изследваният район – водосборът на река Места се намира в Югозападна България и обхваща площ от 2785 km². Речният басейн е планински, развит върху територията на Рило-Родопския масив и има средна надморска височина 1318 m (Nikolova N. et al., 2004).

Водосборната област има продълговата форма с разширена долна част и коефициент на асиметрия 0,15 (десните и левите водосборни площи са почти еднакви, съответно 1486,4 km² и 1280 km²). Приблизителната дължина на басейна е 85 km в посока север – юг и 42 km в посока изток – запад в най-широката си част. Разположен е между паралели 41°25' и 42°10' с.ш и меридиани 23°20' и 24°20' и.д. Коефициентът на развитие на вододелната линия е 1,59 и се колебае в подбасейните между 1,27 и 2,13 (Хидрл. справочник, 1958).

В изследваната територия не се включва водосборната област на река Доспат, която е ляв приток на Места и се влива в нея извън територията на страната.

За водосбора на р. Места има проекти, разработени през периода 2003 – 2006, като например „Места-Нестос“, финансиран от Технически университет гр. Дрезден – Германия и „Физикогеографско изследване на околната среда в басейна на река Места чрез анализ на дистанционна и наземна информация“. В дисертацията авторът разглежда само проекта за интегрирано управление на водите в Република България, базата данни на който е общодостъпна и публикувана на сайта на БД „Западнобеломорски басейн“.

2. Описание на структурата на географската база данни за интегрирано управление на водите в Република България

Проектът „Интегрирано управление на водите в Република България“ е реализиран за цялата територия на България от правителството на Япония чрез Японската Агенция за международно сътрудничество „ДЖАЙКА“ (Japan international cooperation agency - JICA).

http://www.wabd.bg/bg/index.php?option=com_content&task=view&id=437&Itemid=56).

Цифровият модел на местността включва общогеографски и тематични данни, които съдържат слоеве с пространствена и описателна информация. Всички данни са в единна координатна система: WGS_1984_UTM_Zone_35N. По-нататък ще обърнем специално внимание на избраната проекционна координатна система за територията на цялата страна.

Данните са структурирани в три отделни геобази данни във формат на ЕСРИ Персонална Геобаза Данни (ESRI Personal GDB), наречени „Обща част“, част „Рамкова директива за водите (WFD)“ и „Локална част“. Всяка от тях съдържа по няколко тематични групи, които от своя страна са формирани от няколко картни слоя. Графичната структура на данните и съдържанието на всеки картен слой, принадлежащ към определена тематична група е описана накратко от докторанта.

3. Анализ и оценка на географската база данни за интегрирано управление на водите в Република България

Дискутирани са въпросите, свързани с основните изисквания и дейности при разработване на идейния проект за интегрирано управление на водите в Република България - JICA за изграждане на информационна система, за да бъде тя успешна.

В дисертационния труд се анализира единствено дали са спазени някои основни картографски правила, отнасящи се до използваната картна проекция, източниците на данни, мащабите на изходните картографски материали, методите за създаване на цифрови модели и тяхната точност в геобазата данни. Също така се предлагат някои препоръки при реализиране на проекта.

В цифровия модел по проекта за интегрирано управление на водите са използвани преди всичко данни, получени от дигитализирана топографска карта на България в М 1: 100 000. Частично е използвана и топографска карта в мащаб 1:25 000 (получена по фотограметричен път), а също така и спътникови снимки (няма конкретни указания за кои територии е използвана).

Известно е, че необходимата точност на базата данни на ГИС зависи единствено от точността на преките измервания и мащаба на картната основа. (за получаване на оригиналната карта).

В дисертационния труд е изследвана точността на използвания ЦМ на топографската БД в М 1:100 000, относно:

- Грешки при трансформиране на графични данни от една координатна зона в друга;
- Грешки и точност от дигитализиране на картната основа.

Трансформацията на данни от една проекционна координатна система към друга, както и при смяна на референтната система, неизбежно води до разлики в трансформираните данни. Получените разлики в координатите на точките съответно се отразяват и на величините, които са функции от тях.

В България е въведена Българска геодезическа система (БГС) 2005, основана на UTM проекция, при която България е разположена в 34 -та и 35 – та зони, с централни меридиани, съответно 21° и 27° , поставени в средата на региона на картографиране.

Ние изследваме как се отразява на точността на цифровия модел в 34-та зона, който се трансформира към 35 – та зона. Тези изчисления са направени в предвид на това, че обекта на изследване (водосбора на р. Места) попада в 34 –та координатна зона (Фиг. 4.3). За целта се използват крайните формули за проекцията на Гаус – Крюгер, респ. UTM, които се представят в редови развития (Андреев, 1980):

$$I = \lambda - \lambda_0$$

$$x = B + \frac{1}{2} N \cos \varphi \sin \varphi I^2 + \frac{1}{24} N \cos^2 \varphi \sin \varphi (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^2) I^2$$

$$y = N \cos \varphi I + \frac{1}{6} N \cos^3 \varphi (1 - t^2 + \eta^2) I^3 + \frac{1}{120} N \cos^5 \varphi (5 - 18t^2 + t^4) I^5$$

(4.1)

Изчислени са показателите на деформациите за възлова точка (най-западната точка по държавната граница) с координати:

$$\varphi = 42^\circ, 3122$$

$$\lambda = 22^\circ, 36$$

$$I = \lambda - \lambda_0 = 27^\circ - 22^\circ, 36 = 4^\circ, 64$$

(4.6)

За числените стойности на изчислените показатели на деформации може да запишем следното:

$$\mu = m = n = a = b = 1.001399064$$

$$p = 1.002800085$$

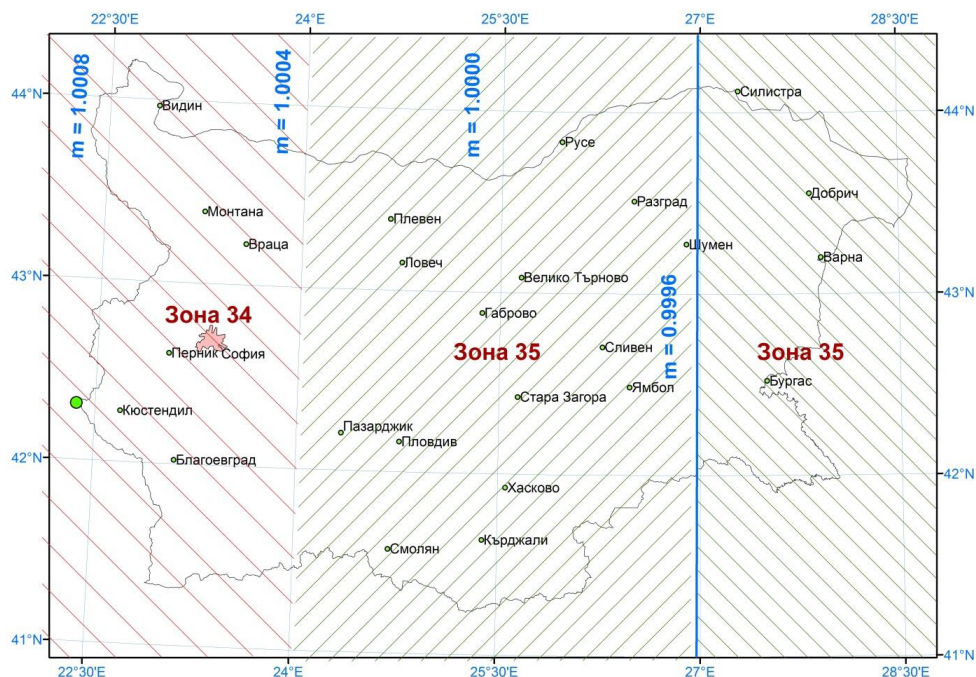
(4.18)

$$\omega = 0$$

Следователно при проекцията на Гаус – Крюгер (UTM) линейната деформация във всички посоки – по меридиана, по паралела и в произволна посока имат една и съща стойност.

Определяме как се отразява грешката от проекцията при трансформиране на зона UTM 34 към зона UTM 35 за един линеен обект (дължината на р. Места) и площта на един хидрографски обект (язовир) водосбора на р. Места. Резултатът от изчисленията показват, че в следствие на прилагане на проекцията, дължината на р. Места се увеличава с 45 m, и площта на язовира, също се увеличава с 356.2 m².

Тези изводи са много важни при извършване на по-нататъшните растерни анализи, защото в някои от формулите при определяне на хидроморфометричните характеристики участват величини като суми от дължини на реки и площ на водосбора.



Фиг. 4.3 Координатни зони в България при UTM проекция

За точността на цифровия модел влияние оказват и грешките от дигитализиране на картната основа, метод, който е използван за получаване на цифровия модел за интегрирано управление на водите в Република България.

Като се има предвид теорията на грешките при геодезически измервания и дигитализиране, е посочена методика за оценка на точността на цифровия модел.

По тази методика е направена оценка на точността на цифровия модел JICA въз основа на направени измервания с GPS, модел Garmin CX 60, който предлага около 3 m точност в положението на измерената точка. Тази точност е достатъчна, сравнявайки я с графичната точност на 100 000 карта (20 m).

За целта са измерени общо 35 бр. точки предимно по течението на р. Места и са изчислени техните координати. Идентифицирани са същите точки от цифровия модел. От измерените координати и координатите от ЦМ са изчислени грешките e^x , e^y и средните квадратни грешки m_x , m_y и M . Резултатите показват следното:

- Средната квадратна грешка M_p в положението на точка **от дигитализиране** на ТК в М 1:100 000 по формула (Павлов П., 2000) се получава приблизително 40 m.
- **Грешките e_x, e_y** варират от 1.34 m до 88.4 m. Те включват всички грешки от предишни преки измервания, генерализиране, грешки от чертане на оригинала, грешки от сканиране, трансформация на

картното изображение на 34 зона към 35 зона и грешките от дигитализирането.

- Изчислените **средни грешки m_x , m_y** съответно са 45.13 m и 37.26 m и линейната грешка M е 32.96 m.
- Грешките **ϵ_x, ϵ_y** са по-малки от утроените стойности на съответните им средни грешки.
- Грешката в **абсолютното положение** на подробна точка ΔS за мащаб 1:100 000 също е приблизително 40 m.

От направените измервания и изчисления за водосбора на река Места, считам че изчислените разлики ΔS са в границите на допустимите стойности за този мащаб. Това твърдение важи само за цифровия модел на изследваната територия, а моделът JICA включва територията на цялата страна.

По-категорични сме в откритите чертожни грешки в модела, които имат различен характер. Би било добре тези забележки да се вземат под внимание от МОСВ, поради факта, че района е подробно изследван от докторанта, както за ЦМ, така и на терена.

Кратко описание на забелязани грешки по модела:

- Двете бази данни „jica_core_db.mdb“ и „WABD_84.mdb“ не се припокриват в частта си „Хидрография“;
- Изворната област на р. Ибър е във водосбора на Места, а тя е към водосбора на Марица;
- Не са въведени основни пътища като напр. пътят от с. Господинци към с. Гърмен;
- Класификацията на пътищата е грешна. Във водосбора на Места няма път I^{-ви} клас. В атрибутната таблица има категория „важен път“. Тук си задавам въпроса, а кой път не е важен? Категорично, такава категория официално няма;
- В базата данни липсват най-високите върхове, като например вр. Вихрен;
- Някой от реките са „летящи“, т.е. не се вливат в друга река и не са отбелязани като пресъхващи;
- Всички реки са изчертани като отделни сегменти, които не са от приток до приток към по-главна река.

След подробно проучване и анализ на структурата и съдържанието на бъдещата ИС за интегрирано управление на водите констатирах някои неясноти и недостатъци. В докладите на JICA и метаданните към картните слоеве няма подробно описание на произхода на използваните картографски източници, както и точността на данните при тяхната обработка. Този факт още повече засилва несигурността в получаване на коректни данни за въвеждане в ГИС. Някои от забелязаните неясноти по съдържанието на БД са:

- Няма одобрена наредба за съдържанието на БД, която е свързана с избора на приоритетни данни;
- Не е ясен произхода на изходните данни;
- Не е ясна методиката за набавяне на данни;
- Не е ясна точността на данните;
- Не е ясна точността и грешките от трансформиране на изходния картен материал;
- Няма яснота за големината на грешките при трансформиране на една координатна зона в друга.

Ще направя и някои **препоръки** при реализация на бъдещата ИС за интегрирано управление на водите. Те се отнасят до графичната база данни (картна основа):

- Произход на изходните данни

Както е известно, по-дребномащабните карти съдържат повече грешки и по-голяма степен на генерализация на подробностите. Като правило за създаване на графичната база данни трябва да се използват по възможност по-едрият мащаб. Повечето пространствени данни по проекта JICA са получени чрез дигитализиране на топографски карти в М 1:100 000. Един сериозен аргумент при изпълнение на реализацията на ИС да се премине към по-едър мащаб е, че част от общогеографските данни са получени в резултат на дигитализиране на ЕТК в М 1:5000 (по време на възстановяване на собствеността на земеделските земи и горите).

Задължително е дигитализирането да се извършва от оригинали, а за точността на трансформирането им към действителната координатна система да се извеждат средните грешки за всеки картен лист.

- Методи за набавяне на данни

Методите за измерване са различни, но крайната цел е една и съща – определяне на координатите в двумерното и тримерното пространство.

Един от недостатъците на събрания архив в басейновите дирекции досега е неяснотата с какви методи са определяни границите на СОЗ, местата на водохващания и зауствания, както и точността на координатните им определения. Останалите данни, както стана ясно са резултат от дигитализиране на различни картографски източници.

4. Хидроложки анализ на водосбора на р. Места

Въпросите, които по-нататък са разгледани целят да дадат ясна представа за технологичния ред на картографските процеси в компютърна среда за хидроложки цели. Целта е да се покажат накратко последователните стъпки за създаване на речни мрежи и очертаване на водосборни басейни чрез симулиране на водния отток от цифров модел на релефа (ЦМР) Като изходен цифров продукт за по-нататъшните хидроложки процеси е използван ЦМР, представен като GRID с големина на пикселите 30 m/30 m.

Последователните стъпки и съответните им функции могат да бъдат обобщени, както следва:

- Въвеждане на цифровия модел на релефа и получаване на коригиран хидроложки релеф (Sink& Fill);
- Определяне посоката на водния отток (Flow Direction);
- Формиране на водно течение (Flow accumulation);
- Определяне на точките на вливане на притоците от по-нисък порядък в по-висок (Pour Point);
- Очертаване на водосборна област (Watershed).

Моделирането на данните е извършено с помощта на инструментите за хидрология, предложени от ArcGIS 10.4.1. В резултат на описаните хидроложки процеси са получени изходни растерни файлове, като „Flow Direction“, „Flow accumulation“, „Watershed“, „Flow Length“, „Slope“ и др. С помощта на получените растери и при съвместяване с други данни се получават редица други карти, които представят някои хидроморфометрични характеристики на водосбора на р. Места.

Основните показатели, които характеризират дадена водосборна област могат да се класифицират в няколко групи (Horton R., 1932; Horton R., 1945): хидрографски, климатични, морфометрични, физикогеографски и др.

В различни литературни източници се представят различен брой характеристики, които да характеризират изследваните райони. В дисертационния труд са изучени и изследвани 25 характеристики. Те дават ясна представа за водосбора в хидроложко и геоморфоложко отношение и наличието и количеството водни ресурси. Някои от изчислените характеристики се отнасят за общия водосбор на р. Места и са представени като статическа повърхнина чрез GRID модел. Удобството им е, че могат да се извличат данни за всяка желана точка от водосбора. Други характеристики са изчислени за всички малки водосбори.

Тъй като срещаните от мен характеристики са разнообразни, в дисертационния труд съм опитала да ги групирам по някои общи признаци. В таблица 4.4 характеристиките са подредени по групи, като са дадени някои пояснителни бележки.

Таблица 4.4 Характеристики на водосборен басейн

Физико-географски характеристики(по Марчинков, 1970)		
1	Географско положение	
2	Геоложка и геоморфоложка структура	
3	Релеф на водосборната област	Съвкупност от всички повърхнини (изпъкналости, вдлъбнатини и равнини), които изграждат физическата земна повърхност.

Таблица 4.4 Характеристики на водосборен басейн – продължение

Основни морфоометрични (геометрични) характеристики		Забележка
4	Площ на водосбора, km ²	Тази територия, която е разположена между водеделите, които го отделят от други такива.
5	Периметър, km	Дължина на линията, по границата на водосбора.
6	Максимална надморска (ортометрична) височина, m	
7	Средна надморска височина, m	Изчислява се като средна аритметична стойност от всички надморски височини на пикселите в ЦМР.
8	Среден наклон водосбор, изчислен в градуси	Изчислява се като средна аритметична стойност от всички пиксели на растера на наклоните.
9	Circularity ratio	Коефициент, който показва кръгла форма на водосбора, ако стойността е близка до единица.
10	Elongation ratio	Коефициент на удълженост на водосбора.
11	Гъстота на речната мрежа $K = \frac{\sum L}{P}$	$\sum L$ - сумата от дължините на всички реки, km P – площта на водосборния басейн, km ²
12	Basin centroid	Геометричен център на басейна, чиито координати са средните стойности на координатите на ограничаващите го точки от контура.
13	Дължина на реката	Дължина на реката от извора до устието, km.
14	Channel sinuosity index	Коефициент, който представлява отношението между дължината на дадено течение и дължината на правата, която свързва точката на извиране и точката на вливане. Приблизително варира между 1 и 4. Течения с индекс по-голям от 1,5 се наричат меандриращи. (Wolman & Miller, 1964)
15	Chanel concavity	Вдлъбнатостта на речното корито е надлъжната промяна в наклона на изследваната част на реката.

16	Конфигурация на площта на водосбора; Симетричност; Дължина; Средна широчина;	Съответствие в разположението на частите на водосбора по отношение на главната река; Определена от най-отдалечените точки на водосбора; Средно аритметично между най-тясната и най-широката част на водосбора.
17	Local Relief Index (LAR) $L_R = \sum_i (Z_{max} - Z_{min}) / n$, където Z_{max} – максимална височина, извлечена от DEM, Z_{min} – минималната височина, извлечена от DEM, n – брой пиксели във водосбора.	Високите стойности на LAR може да показват, че водосборът е бил подложен на силно тектонско влияние и/или врязване (по Fonstad M.A., 2003)
18	Ориентация на водосбора	Ориентация по отношение на географските посоки.
19	Basin Relief Ratio $R_r = \frac{Z_{max} - Z_{min}}{L}$, където L – дължина на басейна, измерена успоредно на основното течение, m	Този прост морфометричен индекс може да бъде използван за сравнение на набор от водосбори между една и друга планинска верига. Стойностите могат да отразят различия в активния тектонизъм, геологията, геоморфоложките процеси, въздействието на климата и др.
20	Basin Form Factor (Horton, 1941) $F = \frac{A}{L^2}$, където A – площта на водосбора, m² L – най-дългото разстояние, измерено успоредно на основното течение, m.	Коефициент за форма на басейна. Той варира от нула (силно удължени форми) до единица (кръгла форма).
21	Basin Shape factor $BSF = \frac{L}{W}$, където L – дължина на водосбора; W – широчина на водосбора.	Коефициент за форма на басейна.
22	Elevation Relief Ratio $ERR = \frac{Z_{avg} - Z_{min}}{Z_{max} - Z_{min}}$	Коефициент на всичане на речната мрежа по водосбори.
23	Relative Topographic Position Index	Относителен топографски коефициент за ерозионно разчленение.

	$RTPI = \frac{(\text{meanDEM} - \text{minDEM})}{(\text{maxDEM} - \text{minDEM})}$	Подобен е на Elevation Relief Ratio, но се получава растер чрез използване на т.нар. фокална статистика.
24	Standard deviation of elevation $SDE = \frac{(\text{mean DEM} - \text{DEM})}{(\text{max DEM} - \text{min DEM})}$	Коефициент, който измерва топографската неравност. Получава се растер, чрез т.нар. фокална статистика, като стойностите са от -1 до 1. Положителните стойности съвпадат с водосливите, а отрицателните с вододелите (Ascione et al., 2008).
25	Slope variability (Ruszkiczay-Rudiger et al., 2009) $SV = \text{max slope} - \text{min slope}$	Получава се растер, чрез т.нар. фокална статистика. Наклонът трябва да бъде в градуси.
26	Basin scale ruggedness $R_b = \frac{A}{D_d}$, където A – площ на водосбора, km ² , D _d – гъстота на речната мрежа	Коефициент на неравност на релефа, който се използва за сравнение на релефа на басейна, използвайки повърхностните течения и площта на водосбора.
27	Melton ruggedness number (Melton, 1965) $\frac{Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}}}{\text{Sqrt}(A)}$	Коефициент на неравност на релефа.

Таблица 4.4 Характеристики на водосборен басейн – продължение

Климатични характеристики		
28	Водни повърхности във водосборната област $K_e = \frac{F_e}{F}$ – коефициент на езерност, където F _e – площ на езерата в дадена водосборна област; F – обща площ на водосборната област.	Част от площта на водосбора, заета от езера
29	Topographic Wetness Index (TWI) (Beven & Kirkby, 1979) $TWI = \ln\left(\frac{a}{tg\beta}\right)$, където a – площ на водосбора, m ² β – растер на наклон на склона, °	Топографски индекс на овлажнение. Високите стойности представят ниски части на земната повърхност, а ниските стойности - била и върхове.
30	Hillslope erosion potential	Коефициент на потенциална ерозия. Получава се растер.

	$HEP = \text{Mean Annual Precipitation} * \text{Slope}$	
31	$Q_{\max av}, m^3/s$	Средно многогодишно максимално водно количество
32	$Q_{\max av}, m^3/s/km^2$	Модул на средно многогодишния максимален отток
33	Повърхностен отток (R_{mm})	Речните води, които се оттичат по повърхността на речния басейн под въздействието на геолого- геоморфоложки, климатични, хидрографски и почвено- растителни особености на басейна.

При извършване на хидроложкия анализ е спазена методиката, описана от докторанта (Глава 3). В резултат на пространствен анализ в ГИС среда са получени основните параметри, които характеризират водосбора на р. Места. Същите са дадени в таблица 4.5, а също така могат да се видят при визуализиране на интерактивната карта на водосбора на <http://gis.swu.bg/MappetizerMESTA/>. Настоящата интерактивна карта събира най-значимите резултати за анализ на съответните хидроложки характеристики на басейна на р. Места.

Изчислените характеристики са подредени за:

А) Характеристики за главния водосбор:

- Посока на повърхностния отток;
- Класификация на речната мрежа;
- Гъстота на речната мрежа;
- Относителен топографски коефициент за ерозионно разчленение;
- Стандартно отклонение на релефа;
- Разлики в действителния наклон на склона;
- Коефициент на неравност на релефа;
- Стандартно отклонение на наклон на склона;
- Топографски коефициент на овлажнение;
- Потенциален коефициент на ерозия;
- Повърхностен отток.

Б) Характеристики за съставните водосбори:

- Площ, в km^2 ;
- Периметър, в km ;

- Средна, максимална и минимална надморска височина по водосбори, в m;
- Обща дължина на водните течения по водосбори в km;
- Максимален и среден наклон на водосборите, в градуси;
- Ориентация на водосборите;
- Коефициент на формата на водосборните басейни;
- Коефициент на всичане на речната мрежа по водосбори;
- Гъстота на речната мрежа по водосбори;
- Коефициент на неравност на релефа по водосбори;
- Коефициент на неравност на релефа по водосбори (по Melton, 1965)

Име	Z_max	Z_min	Z_aver	Basin Scale Ruggedness	DD KM/KM ²	Elevation relief ratio	Area	Basin Relief Ratio	Melton ruggedness number	Basin Form_Factor	L km	Mean slope degrees	Max slope degree	Orientation ^o	Orientation
Бабяшка	1680	760	1216,08	66,63	0,52	0,49	34,70	0,06	0,16	0,17	14,43	16,6	45	48	Югозапад
Безбожка	2640	700	1364,77	37,04	0,65	0,34	24,13	0,14	0,39	0,13	13,38	15,8	43	42	Североизток
Белишка	2710	770	1577,05	142,52	0,95	0,42	135,26	0,09	0,17	0,29	21,39	18,2	51	159	Юг
Бяла Места	2770	944	1946,3	84,67	0,99	0,55	84,37	0,11	0,20	0,31	16,51	20,3	56	145	Югоизток
Бяла река	2720	793	1394,81	69,87	1,17	0,31	81,69	0,12	0,21	0,30	16,49	15,63	68	72	Изток
Глазне	2900	760	1682,9	149,12	0,79	0,43	117,99	0,09	0,20	0,21	23,45	18,4	65	18	Север
Гради- нишка	1670	640	1326,32	38,39	0,98	0,67	37,75	0,08	0,17	0,23	12,78	18,6	42	57	Югозапад
Добри- нишка	2850	700	1446,09	66,59	0,87	0,35	57,99	0,13	0,28	0,21	16,70	17	60	45	Североизток
Драгли- шка	2480	760	1357,92	85,53	1,00	0,35	85,88	0,09	0,18	0,26	18,06	16,1	49	151	Югоизток
Дъбнишка	1520	484	1109,04	34,83	0,81	0,60	28,17	0,07	0,19	0,14	14,28	15,7	44	34	Югозапад
Златарица	1700	720	1264,56	119,28	0,93	0,56	111,63	0,05	0,09	0,35	17,92	17,2	45	40	Югозапад
Изток до устието на Бяла река	2824,62	792	1243,09	61,95	0,86	0,22	53,45	0,14	0,28	0,25	14,59	12,5	56	41	Североизток
Каменица	2685,94	600	1344,96	31,67	1,03	0,36	32,56	0,13	0,36	0,14	15,41	17,4	53	80	Изток
Канина	1930	500	1392,88	257,55	0,91	0,62	233,92	0,04	0,09	0,23	31,56	15	54	2	Юг
Костена	2120	577	1110,8	36,83	0,67	0,34	24,74	0,11	0,31	0,12	14,24	15,6	48	98	Изток
Кременска	2439,21	620	1300,62	44,69	0,61	0,37	27,37	0,14	0,35	0,17	12,56	18,1	60	73	Изток
Места между устията на Бяла Места и Белишка	2300,3	700	1203,7	121,59	1,04	0,31	127,36	0,09	0,14	0,40	17,73	17,71	43	12	Юг
Мътеница	1712,9	680	1344,49	68,41	0,84	0,64	57,38	0,07	0,14	0,28	14,24	17,3	51	41	Югозапад
Мътница	2180	460	915,92	215,55	0,8	0,26	174,75	0,07	0,13	0,33	22,99	15,4	56	62	Североизток
Невро- колска	2080	494	1095,5	60,54	1,16	0,38	70,42	0,10	0,19	0,29	15,55	16,4	52	87	Изток
Ретиже	2849,85	640	1536,37	47,86	0,91	0,40	43,49	0,12	0,33	0,15	17,14	18,9	61	69	Изток
Рибновска	1590	555	1139,59	54,43	0,77	0,56	41,93	0,07	6	0,25	12,98	17,1	46	9	Юг
Сатов- чанска Бистрица	1740	460	1124,38	205,10	0,94	0,52	192,27	0,04	0,09	0,22	29,27	13,4	51	9	Юг
Седрач	2380	780	1364,51	80,59	1,14	0,36	91,98	0,11	0,17	0,45	14,33	14,6	47	139	Югоизток
Топлика	1410	470	775,64	27,76	1,00	0,32	27,98	0,08	0,18	0,21	11,58	13,8	50	65	Североизток
Туфча	2680,53	520	1213,26	112,79	1,08	0,32	122,30	0,09	0,19	0,25	22,26	17,8	54	111	Изток
Черна Места	2640	946	1588,49	140,93	1,15	0,38	162,56	0,09	0,13	0,51	17,82	15,3	48	7	Юг

Таблица 4.5 Морфометрични характеристики на водосборите в басейна на река Места

Изчислените характеристики на водосбора на р. Места и неговите съставни (общо 28 водосбора) са въведени в геобазата данни в среда на ArcGIS. Една част от тях са получени чрез изчисления на основата на векторния модел. За моделиране и анализ на непрекъснати данни в ГИС среда, обикновено се съхраняват растерни мрежи (GRID). Размерът на клетката на получените растерни модели е избрана в съответствие с размера на клетката от ЦМР или т.н DEM (30/30 m).

Въз основа на цифровия височинен модел са получени растерни карти, които представят морфометричните характеристики на водосборите на р. Места.

Тук се набляга на картографското изобразяване на следните карти и тяхната интерпретация:

- Средна надморска височина на водосборите (карта 4.6)

Тази карта показва разпределението на водосборните области по надморска височина. Най-високи стойности имат водосборите от Рила и Северен Пирин, което е логично предвид голямата надморска височина на изворните области. Прави впечатление, че река Бяла Места (средна надморска височина 1946,3 m) значително превишава по височина останалите реки (река Глазне 1682,9 m н.в.). Това се определя от асиметрията в развитието на водосборната област на реката – добре развита горна част и отточен канал на главната река без притоци в долната част на водосбора. С най-малка средна височина се отличава река Топлика (775,64 m), която води началото си от ниските източни склонове на Южен Пирин. Използваният картографски метод е картограма.

- Ориентация на водосборите (карта 4.8)

Конфигурацията на водосборната област на Места се определя от големината, посоката на простиране и разчленението на обграждащите я морфоструктурни единици. Главната река тече в преобладаващи посоки юг, югозапад и югоизток. Западният борд на водосбора – Пирин планина има посока на простиране северозапад-югоизток, източният борд на водосбора се маркира от части на Велийшко-Виденишкия дял и рида Дъбраш също с посока на простиране северозапад – югоизток. Рила в обхвата на областта има характер на широка дъга, изпъкнала на север и северозапад. Тези особености определят преобладаващи посоки на притоците юг, югоизток и югозапад. Само водосборите от Пирин имат източна или североизточна експозиция. Единствено река Глазне е със северна експозиция. Използваният картографски метод е качествен фон.

- Топографски коефициент на наклон на водосборите (карта 4.9)

Този коефициент показва стръмнината на водосборния басейн и е показател за интензивността на ерозионните процеси, извършващи дейност по склоновете на басейна. Според Schumm (1956) съществува корелация между топографския коефициент на наклона и хидроложките характеристики на басейна. Според него загубата на седименти за единица площ е пряко свързана с този индекс.

Този морфометричен показател може да бъде използван за сравнение на набор от водосбори между една и друга планинска верига. Стойностите могат да отразят различия в активния тектонизъм, геологията, геоморфоложките процеси, въздействието на климата и др. На представената карта ясно може да се разграничат водосборите с най-голям наклон, развити по североизточните и източни склонове на Пирин. Реките, формиращи своите водосбори по южните и югоизточни склонове на Рила имат преобладаващо средни стойности на индекса. В трета група може да отделим реките, извиращи от Западните Родопи. Използваният картографски метод е картограма.

- Коефициент на формата на водосборните басейни (карта 4.10)

Той е важен при описание и сравнение на различните форми на водосборния басейн. Свързан е с генезиса на водосбора. Той варира от 0 (при силно удължени форми) до приблизително 1 (перфектна кръгла форма). Колкото е по-голяма стойността на този коефициент, толкова е по-кръгла формата на водосборния басейн. В изследвания район стойността на този коефициент достига до 0,51 (Черна Места). Причината трябва да се търси в особеностите на конфигурацията на планинските била на границата между Рила и Родопите, които обграждат като дъга изворната област на Места. Използваният картографски метод е картограма.

- Коефициент на всичане на речната мрежа по водосбори (карта 4.11)

Средната стойност на този показател е 0,5. Във водосбора на Места стойността му се колебае от 0,22 до 0,67. По-високите стойности имат реките от Родопската част на водосбора, както и река Бяла Места. Това може да се обясни с по-добре развитата горна част на водосборите на тези реки, на масивния характер на планината, както и с ерозионното врязване на реките в долните течения. По-ниски са стойностите на този показател за реките, извиращи от Рила и най-нисък за реките, водещи началото си от Пирин и останалите притоци на Места. Използваният картографски метод е картограма.

- Гъстота на речната мрежа (карта 4.12)

Получените стойности за гъстота са в интервала 0,52 до 1,17 km/km². Поради това, че реките са векторизирани от карти в дребен мащаб и не са отразени временно течащите потоци, тези стойности са сравнително ниски. Все пак те ясно показват някои особености. Реките със слабо развити водосборни области имат най-ниски стойности на показателя (0,52-0,67). Гъстотата на речната мрежа се определя и от характера на скалната основа. Например в Пирин, въпреки значителните валежи и наклони, този показател остава нисък в местата с карбонатни мраморни скали. Най-високи стойности гъстотата на речната мрежа има в Рила, където реките имат добре развити водосбори върху магмени гранитни и метаморфни скали. Използваният картографски метод е картограма.

- Гъстота на речната мрежа (Kernel density) (карта 4.13)

Този подход дава много по-детайлна характеристика на показателя – не само в крайните стойности (от 0,50 до 2,9 km/km²) но и в географското му

разпределение. Най-високи са стойностите в подножията на планините, в местата на карстовите извори и обширните наносни конуси (за подножието на Пирин), които дават началото на много потоци. Голяма е гъстотата и в приустиевите части на малките реки, вливащи се в Места. Най-малки са стойностите по вододелните била и безводните циркуси на Северен Пирин, както и по обширните и слабо разчленени заравнености на места главно в Родопите. Използваният картографски метод е количествен фон.

- Относителен топографски коефициент за ерозионно разчленение (карта 4.15)

Този показател е подобен на Elevation Relief Ratio, но се получава растер чрез използване на т.нар. фокална статистика. Този коефициент може да бъде добър индикатор за доминиращия геоморфоложки процес, почвените характеристики и растителността. Максимални стойности (ок. и над 0,7), коефициентът има в обширните, слабо разчленени била и заравнености на Родопите и Моминоклисурския пролом. Обратно, във високата алпийска част на Рила и Пирин стойностите са обикновено под 0.5. Тук екзарацията е формирала заострени била и карлинги, но и по-големи по площ широки циркуси. Използваният картографски метод е количествен фон.

- Стандартно отклонение на релефа (карта 4.16)

Получен е индекс в диапазон от -0,85 до +0,70. Ясно се диференцират речните долини и водосливите с положителни стойности и междудолинните ридове (структурните линии на релефа) със стойности до -0,85. Подобно и на други показатели стандартното отклонение на релефа показва пластиката (неравността) на релефа. Използваният картографски метод е количествен фон.

- Разлики в действителния наклон на склона (карта 4.17)

Разликите (промените) в действителните наклони във водосборната област на Места са изчислени по метода Neighbourhood (съседство) за територия 30/30 m. Наклоните варират в рамките на стойностите от 0 до 68° за цялата територия на водосбора. Максимални са стойностите във високите части на Северен Пирин и при дълбоко вкопаните реки на Родопите. Най-ниски са стойностите в котловинните дъна на Разложката и Гоцеделчевска котловина, особено в по-равното Гоцеделчевско поле. Използваният картографски метод е количествен фон.

- Коефициент на неравност на релефа по водосбори (карта 4.18)

Този показател показва отношението между площта на водосборния басейн и гъстотата на речната мрежа. Получените стойности до голяма степен зависят от площта на водосбора, затова водосборите с най-малка площ имат и най-малък показател. Възможно е площта на водосборите да се различава в пъти, затова използването му не дава коректни резултати. Използваният картографски метод е картограма.

- Коефициент на неравност на релефа по водосбори (по Melton, 1965) (карта 4.19)

Този коефициент определя денивелацията във водосборния басейн отнесена към площта му. Получените стойности имат някои особености.

Водосбори, различаващи се твърде много в релефно отношение имат еднаква стойност на коефициента – напр. река Глазне и река Дъбнишка – 0,20. Този коефициент може да се използва успешно при близки по площ водосборни области. Използваният картографски метод е картограма.

- Коефициент на неравност на релефа (по Riley S. J. et al., 1999) (карта 4.20)

Представя бърз и лесен начин за пресмятане на топографски коефициент на неравност, използвайки DEM. За всяка клетка от GRID модела се пресмята разликите в надморската височина между централната клетка и останалите осем заобикалящи я. Според авторите, така полученият коефициент е подходящ за анализ и картографиране на разпространението на хабитатите при големи територии, където грешките от DEM не оказват въздействие върху биоложката интерпретация на данните. Тази карта добре представя силната диференциация в разчленението на релефа във водосбора на Места. Използваният картографски метод е количествен фон.

- Стандартно отклонение на наклон на склон (по Grohmann C.H. et al., 2011) (карта 4.21)

Получени са стойности между 0 и 17,46°. Най-високи са стойностите в дълбоки речни долини, които са ясно различни на картата – Места в проломните участъци, Канина, Сатовчанска Бистрица, Златарица, Демяница и Бъндерица. Добре се откриват и отклонения, обусловени от разломни нарушения – подножието на Пирин, северозападно от Банско, Дълбоки дол и склона на връх Свети дух, южно от Гоце Делчев. Използваният картографски метод е количествен фон.

- Топографски индекс на овлажнение (карта 4.22)

Релефът е важен фактор за формиране на хидроложките процеси. Той влияе върху влажността на почвата, но индиректно и върху pH на почвата. (Högborg P. et al., 1990; Giesler R. et al., 1998). Влажността на почвата и pH са важни променливи, които влияят върху разпространението и видовото разнообразие на висшите растения.

Един от начините количествено да се изрази степента на овлажнение на почвата е топографският индекс на овлажнение (ТИО). Този индекс е разработен от Beven & Kirkby (1979) и служи за моделиране на пространственото разпределение на влажността на почвата и насищането на повърхността. Той представлява величина с хидроложко значение, върху която оказва влияние площта на водосбора и наклонът на склоновете в тази област. Участъците с високи стойности на този индекс са зони, които при валеж ще се овлажнят най-бързо. ТИО изразява ефекта на релефа върху повърхностния отток и служи като физически базиран индекс, приравнявайки местоположенията на районите с повърхностно овлажняване и пространственото разпространение на водата в почвата. (Beven & Kirkby, 1979; O'Loughlin, 1986; Barling et al., 1994). Територии, които имат сходни стойности на ТИО се приема, че ще имат и сходни хидроложки характеристики при валеж, стига и останалите природни компоненти, като растителност, почви и скали да са същите или поне подобни. ТИО е широко използван индекс и намира практическо приложение в земеделието. (Qin C. Z. et al., 2011).

В изследвания район добре се диференцират райони с различно овлажнение. Съгласно приетата от мен пет–степенна скала, районите с незначително овлажнение съвпадат с вододелните била и върхове, особено по тези от Северен Пирин, които са ясно обособени и очертани. Райони с много силно овлажнение се очертават заливните тераси на река Места и по-големите ѝ притоци – река Изток, Белишка, Глазне, Мътница. Много силно е овлажнението в ниските и равни части на Разложката и Гоцеделчевската котловина (Baltakov G. et al., 1996). Използваният картографски метод е количествен фон.

- Коефициент на потенциална ерозия (карта 4.23)

Коефициентът на потенциалната ерозия показва пространственото разпространение на ерозията, визуализирана като GRID модел. Той се получава като резултат от средногодишния валеж, умножен по наклона на склона. Стойностите генерирани по този начин са прогнозни и не показват степента на действителната земна/скална ерозия. Получените данни за ерозията са категоризирани в пет групи. Добре се виждат много изразени различия в индекса, обусловени от промяната в наклона и количеството на валежите. Изпъкват ясно максималните стойности на индекса във високата алпийска част на Северен Пирин. Този подход за определяне на потенциалния индекс на ерозия дава възможност за определяне и на действителната ерозия, чрез включване в анализа на почвената покривка, геоложкия строеж и характера на растителността. Коефициент на потенциална ерозия може да бъде индикатор за определяне на свлачищни и срутищни процеси и др. Използваният картографски метод е количествен фон.

5. Експериментални изследвания за ефективността на картографските методи на изобразяване

Извършени са за гъстота на речната мрежа на басейна и повърхностния отток на р. Места.

Гъстотата на речната мрежа (ГРМ) е един от основните параметри за изучаване на водосборите, който характеризира спецификата на речната система. Тя също е основна характеристика на релефа. Речната мрежа е съвкупност от водосливни линии, които са основните структурни линии на релефа (Carlston C.W., 1963), която показва въздействието на външните земни сили. Гъстотата на речната мрежа зависи от климатичните, хидрогеоложките, геоморфоложките и почвено-климатичните фактори, а конфигурацията на хидрографската мрежа – от геоложките условия, геоморфоложките структури и от палеохидроложката еволюция (Христова Н., 2012).

Един от най-старите методи за определяне на тази характеристика е предложен от Нейман през 1900 г., като отношение на общата дължина на водосливните линии към площта на изследвания район:

$$K = \frac{\sum L}{P} \quad (4.33)$$

където K е коефициент за гъстота на речната мрежа, L е сумата от дължините на всички реки, P е площта.

Съвременните картографски методи позволяват приложението на различни подходи при изобразяването на гъстотата на речната мрежа.

В дисертационния труд за картографиране на гъстотата на речната мрежа като изходни данни са използвани хидрографска мрежа от проекта на JICA и създадената от автора база данни за изчислени характеристики на водосборите. Изчислени са коефициенти на гъстотата на речната мрежа за всички водосбори от поречието, като са приложени различни методи. Гъстотата на речната мрежа е представена по четири различни картографски метода за визуализиране на параметъра: картограма, количествен фон, анаморфоза и визуализиращ 3D метод. Получените резултати са представени в няколко тематични карти.

Картограма: За съставяне на картата, като входни данни са използвани хидрографската мрежа, водосборите и изчисленията в атрибутната таблица средни стойности за гъстотата в границите на водосборите.

Количествен фон: Този картографски метод е използван при два различни начина за изчисляване на гъстотата на речната мрежа:

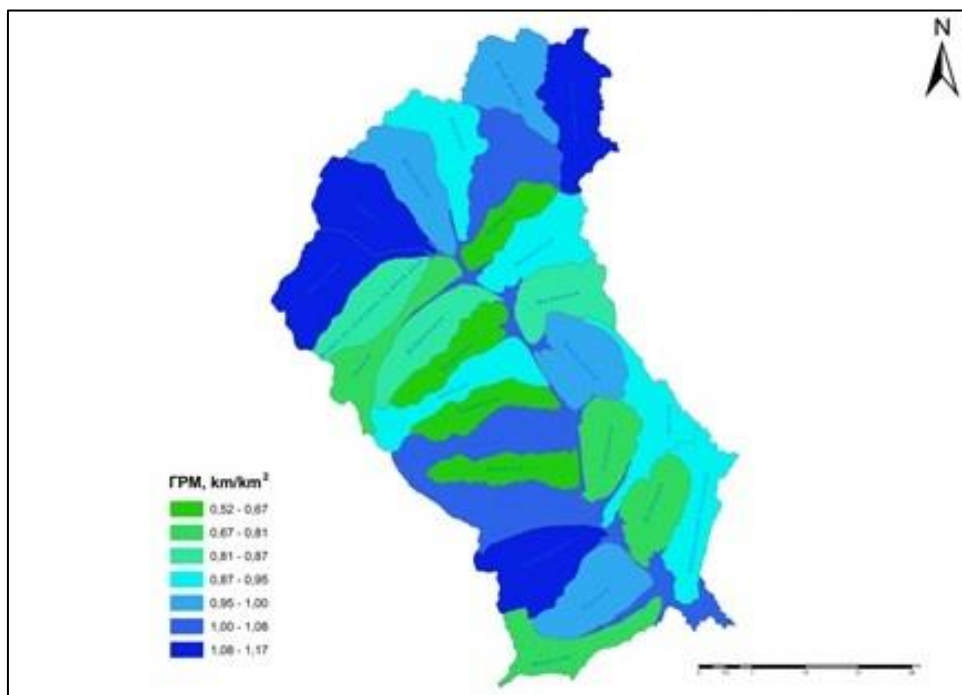
Kernel метод: За входни данни се използват всички реки от хидрографската мрежа, които са действителни водни течения. Изходният файл е растерна повърхнина, получена в резултат на прилагане на функцията Kernel line density от приложението Spatial Analyst на ArcGIS. Количествени данни за гъстотата могат да се отчитат във всяка желана растерна клетка. (Виж Карта 4.13)

Potential Drainage Density (PDD): При този метод, разработен от Dobos & Daroussin се използват всички водни течения, включително и временните потоци. За входни данни служи растер на цифровия модел на релефа (DEM) от който се извеждат последователно растерите Flow Direction и Flow Accumulation със съответните на тях функции. (Виж карта 4.14) За намиране на потенциалната гъстота на речната мрежа се използва фокална статистика. Функцията сумира стойностите на клетките, които попадат в предварително зададени форма и размери на съседство, и отнасят сумата към центъра на клетката от новополучения растер. Този коефициент не е базиран на реалната дренажна мрежа, защото той се получава от DEM. Също така, той не взема под внимание загубата на повърхностни води от инфилтрацията в почвата. Обикновено е по-голям или равен на реалната гъстота на речната мрежа.

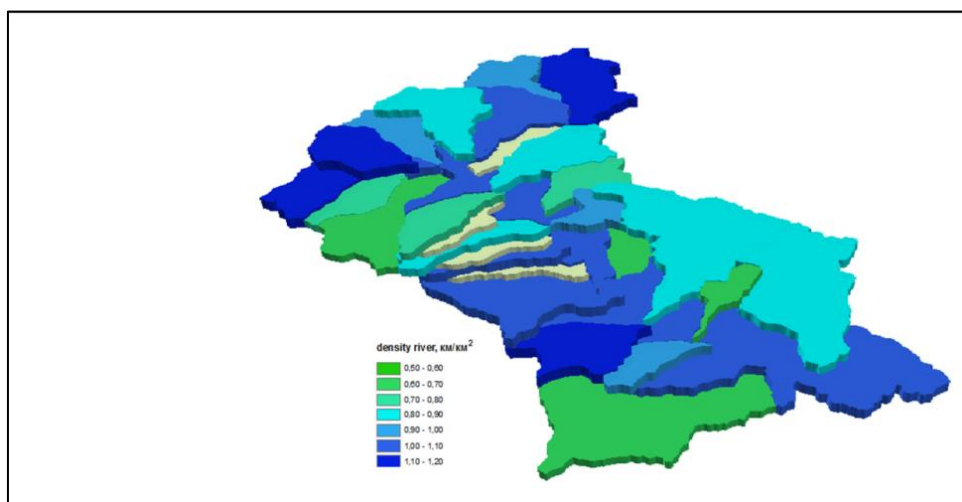
Анаморфоза: Много методи са предлагани за съставяне на картограми (Dorling D., 1996), някои от тях са изключително сложни, но всички страдат или от липса на читаемост, или други патологии като припокриващи се полигони. Картата е направена чрез инструмента ArcGIS Cartogram, създаден от Mark Newman and Michael Gastner. Те представят нова техника, базираща се на идеи, произлизащи от елементарната физика, която не притежава нито едно от гореизброените недостатъци. Основа на техния метод е линейната дифузия. Този метод деформира действителните площи на водосборите в съответствие със стойностите на гъстотата на речната мрежа за всеки водосбор (Виж. Фиг. 4.6).

3D модел: Резултатите, получени при картограмата могат да се визуализират и в 3D пространството. За получаването на такъв модел се използва функцията extrusion. Резултатът е прекъсната стъпаловидна

повърхнина, която може да служи само за визуализация, без да се правят каквито и да било анализи и за получаване на анимации (Виж Фиг. 4.7).



фиг. 4.6 Представяне на гъстота на речната мрежа чрез „Анаморфоза“



Фиг. 4.7 3D перспективен модел на ГРМ

Описаните картографски методи за изобразяване гъстотата на речната мрежа имат своите предимства и недостатъци. При картограмата полученият показател за гъстота на речната мрежа показва сравнително ниски стойности – колебае се от 0,51 до 1,16 km/km². Това по всяка вероятност се дължи на

факта, че в използваните данни не са отразени временните потоци. Друга особеност е сравнително малките пространствени различия в показателя. Това трябва да се обясни със сравнително еднородните физикогеографски условия на отделните водосбори. С най-голяма гъстота на речната мрежа се отличават водосборите на реките Черна Места, Седърч, Бяла река и Неврокопска, а с най-малка - водосборите на реките Кременска, Костена и Бабяшка.

В този случай използването на площна анаморфоза не дава добър визуализиращ ефект. Това се дължи на малките различия на показателя между отделните водосбори, а освен това деформацията на формата на площните единици трябва да се прилага за обекти, чийто форми и големина са добре известни. За да бъде картата по-лесно читаема е необходимо той да се комбинира с картограма.

За разлика от останалите методи, които представят средна гъстота за даден водосбор, чрез метода Kernel Density се създава статистическа повърхнина (GRID модел), при която във всяка една точка може да се изведе стойност за гъстота на речната мрежа. Това дава възможност за по-подробен анализ на показателя, а освен това има добър визуализиращ ефект. Ясно се очертават територии, в които има струпване на водни потоци. Такива области се очертават в подножията на планините, където основно се формират водосливите в условията на неустойчива на ерозията скална основа, представена от неспоени седименти скали с палеогенска и неогенска възраст (Чолеев И., 1978). Най-високи стойности този показател има в поречието на Бяла река, в обхвата на Разложката котловина – до 2,8 - 2,9 km/km². Тук основна причина е наличието на подземни карстови води, които дренират мраморите на Северен Пирин и които чрез извори дават начало на потоци.

3D моделите дават реалистично представяне на формата на повърхнината, но без конкретни количествени параметри и възможност за анализи. Той също трябва да бъде комбиниран с друг метод и не е подходящ да се използва при картографиране на гъстота на малки водосбори, поради незначителните разлики в атрибутните стойности.

Получените карти могат успешно да се комбинират с литоложки, топографски, почвени, карти на валежите и др., които да покажат определени зависимости и връзки (Tucker G. E. et al., 2001).

Сред най-важните фактори, формиращи повърхностния отток на реките са геоложкият строеж (водопроницаемост на скалите), релефът (с надморска височина, разчленение и експозиция на склоновете), климатът (температура, валежи и изпарение), растителността (залесеност) и характерът на почвената покривка. Трябва да се отбележи, че значение имат също така гъстотата на речната мрежа, наличието на езера, както и различните стопански дейности на територията – мелиорации, регулиране на оттока, селскостопански земи и др.

Най-универсалният фактор на оттока, който се приема и за водещ е надморската височина. Релефът е свързан с ясно изразена корелационна зависимост с всички съставляващи водния баланс – валежи, отток, изпарение.

Потенциалният модел на годишния воден баланс може да бъде получен като разлика от модела на валежите и годишната потенциална евапотранспирация. В повечето райони на България, годишната потенциална

евапотранспирация (изпарение) надвишава годишните валежи поради сравнително топлия и засушлив климат на страната. Водосборите с по-голяма надморска височина, какъвто е този на Места се отличават с повече валежи и по-малко изпарение, затова валежите превишават годишната потенциална евапотранспирация.

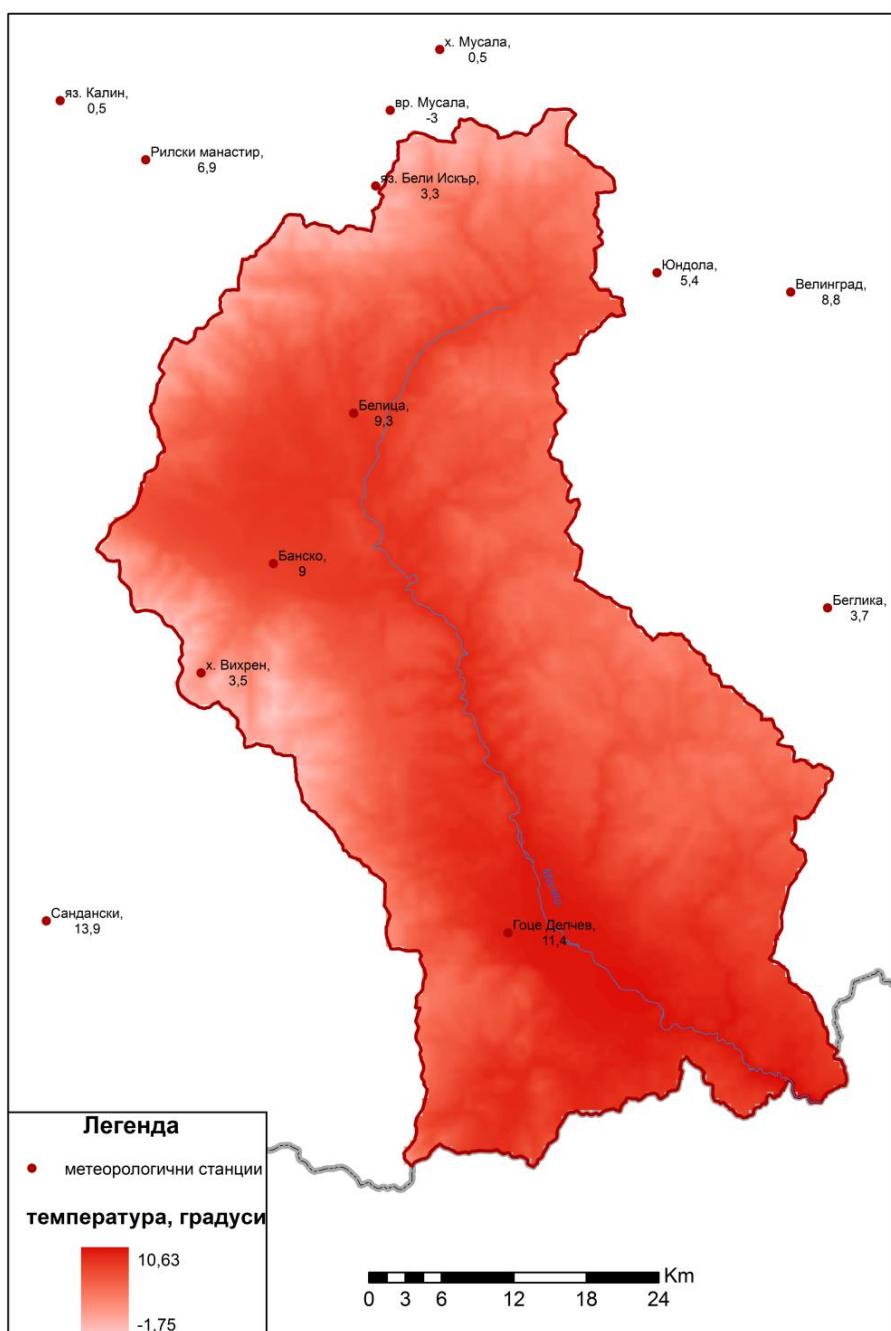
За да получим модела на оттока, са необходими модели на валежите и температурите. Поради наличието на сравнително малко на брой метеорологични и дъждомерни станции за водосбора на р. Места (официално обявените от НИМХ), моделите за температурите и валежите са изведени за цялата страна. След това, от получените растери са изрязани растери само за водосбора на р. Места, с които по-нататък е извършен пространствен анализ.

Картата на пространственото разпределение на температурата (Фиг. 4.8) е получена въз основа на данните от средната годишна температура и надморската височина на 134 климатични станции от Климатичен справочник, 1983. За по-голяма прецизност в резултатите е необходимо да се извърши интерполация чрез линейна регресия, представена от следното уравнение:

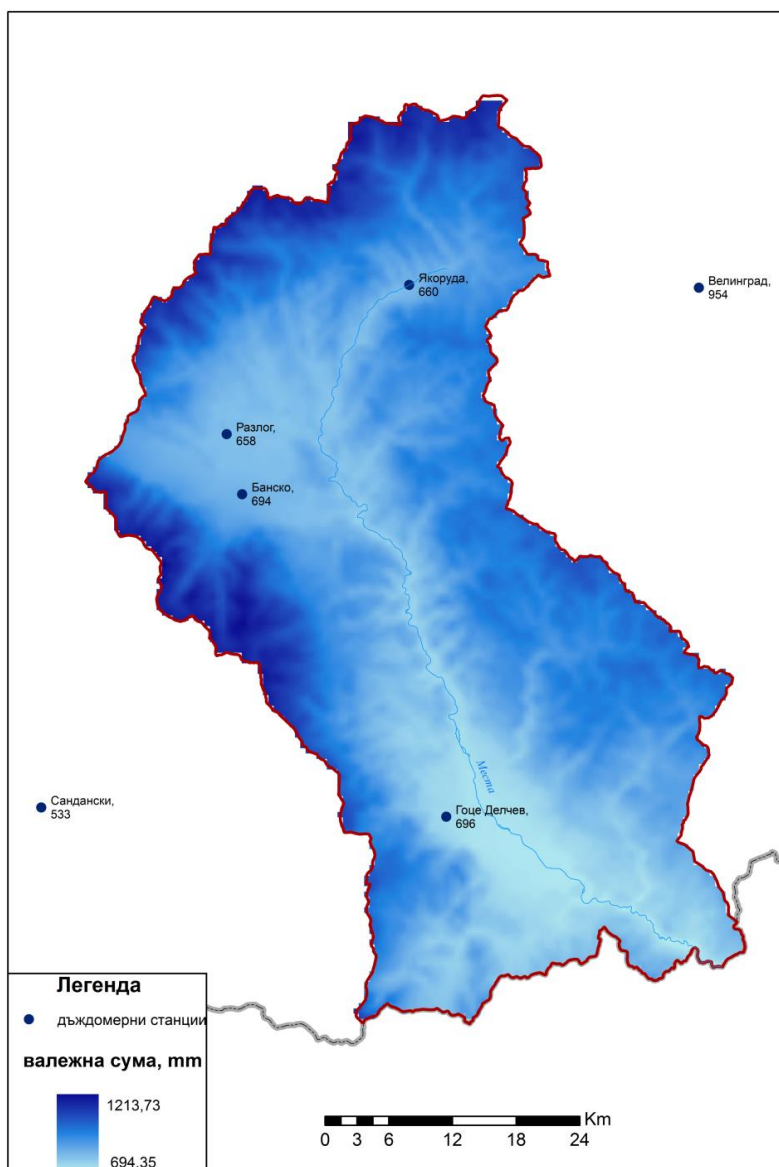
$$Y = a * X + b \quad (4.34)$$

В горепосоченото уравнение, Y е температурата, X е цифровият модел на релефа а коефициентите a и b са изведени чрез линейна регресия от 134 бр. уравнения.

Главните фактори, които определят образуването, количеството и режима на валежите са атмосферната циркулация и влиянието на релефа върху пространственото им разпределение. За територията на страната количеството на валежите нараства с увеличаване на надморската височина, но това нарастване е неравномерно и зависи от редица фактори, като например експозиция, наличие на валежна сянка и др. Освен това, различните планини и склонове получават различни количества валеж. Дискусионно е и твърдението, че валежите се увеличават до най-високите върхове (Stoyanov K., Ilieva S., 2007). Всичко това прави математическото моделиране на този климатичен елемент извънредно трудно.



Фиг. 4.8 Пространствено разпределение на средната годишна температура за водосбора на река Места (период 1931-1970)



Фиг. 4.9 Пространствено разпределение на годишната сума на валежите (период 1931-1985)

Картата на пространственото разпределение на валежите (Фиг. 4.9) е получена въз основа на данните от средната годишна сума на валежите и надморската височина на 271 метеорологични и дъждомерни станции от Климатичен справочник: Валежи в България, 1990. В уравнението за линейна регресия участват и X,Y координати на станциите:

$$P = B_0 + B_1 * H + B_2 * H^2 + B_3 * X + B_4 * Y \quad (4.35)$$

където P е годишна сума на валежа, H надморска височина и B_0, B_1, B_2 .

Следваща стъпка е създаването на модел на разпределението на средномногогодишната реална евапотранспирация E (Фиг. 4.10). Тя е определена от връзката:

$$E = P - R \quad (4.36)$$

където P е годишната сума на валежите в mm и R е речния отток в mm. За изчисляване на реалната евапотранспирация има различни формули. Една от тях е изведена от Турк през 1954г. Той е получил формулата използвайки годишните суми на валежа, средногодишните стойности на оттока и температурата за 254 водосбора с различен климат в Европа, Африка, Америка и Азия

$$E = \frac{P}{0,9 + \frac{P^2}{L(t)^2}} \quad (4.37)$$

където P (mm) е годишната сума на валежа

$$L = 300 + 25 \cdot T + 0.050 \cdot T^3,$$

T е средногодишната температура в градуси.

Последната стъпка е получаването на пространствено разпределение на повърхностния отток, чрез следното уравнение:

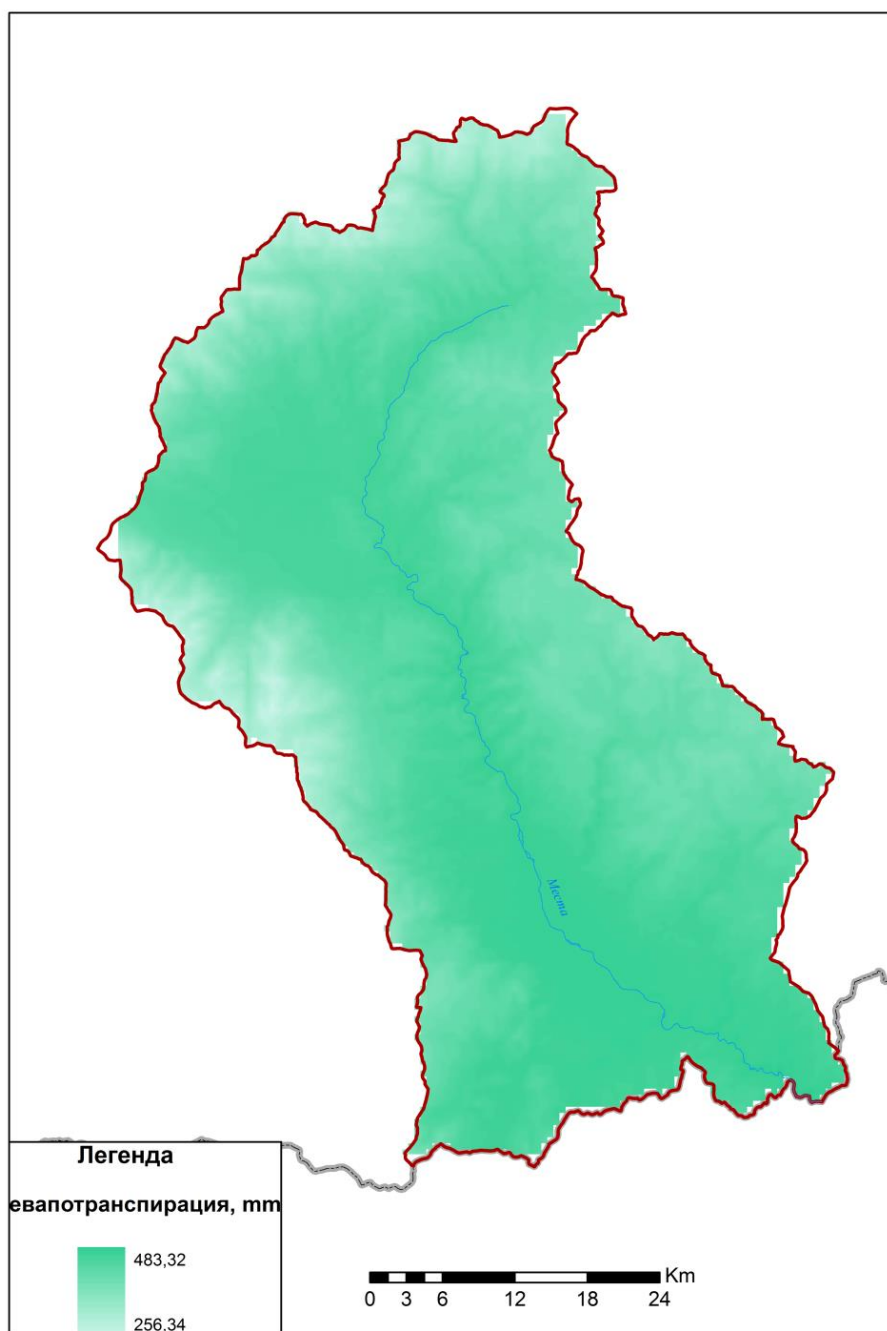
$$R = P - E \text{ в mm} \quad (4.38)$$

Получените резултати за оттока на реката (Фиг. 4.11) са сравнени с данни за оттока при реките Места при ХМС Якоруда, Демяница при ХМС Банско и Канина при ХМС Огняново, взети от География на България, 2002. За целта, към основната база данни са въведени хидрометричните станции и са изчертани водосборните области към тях.

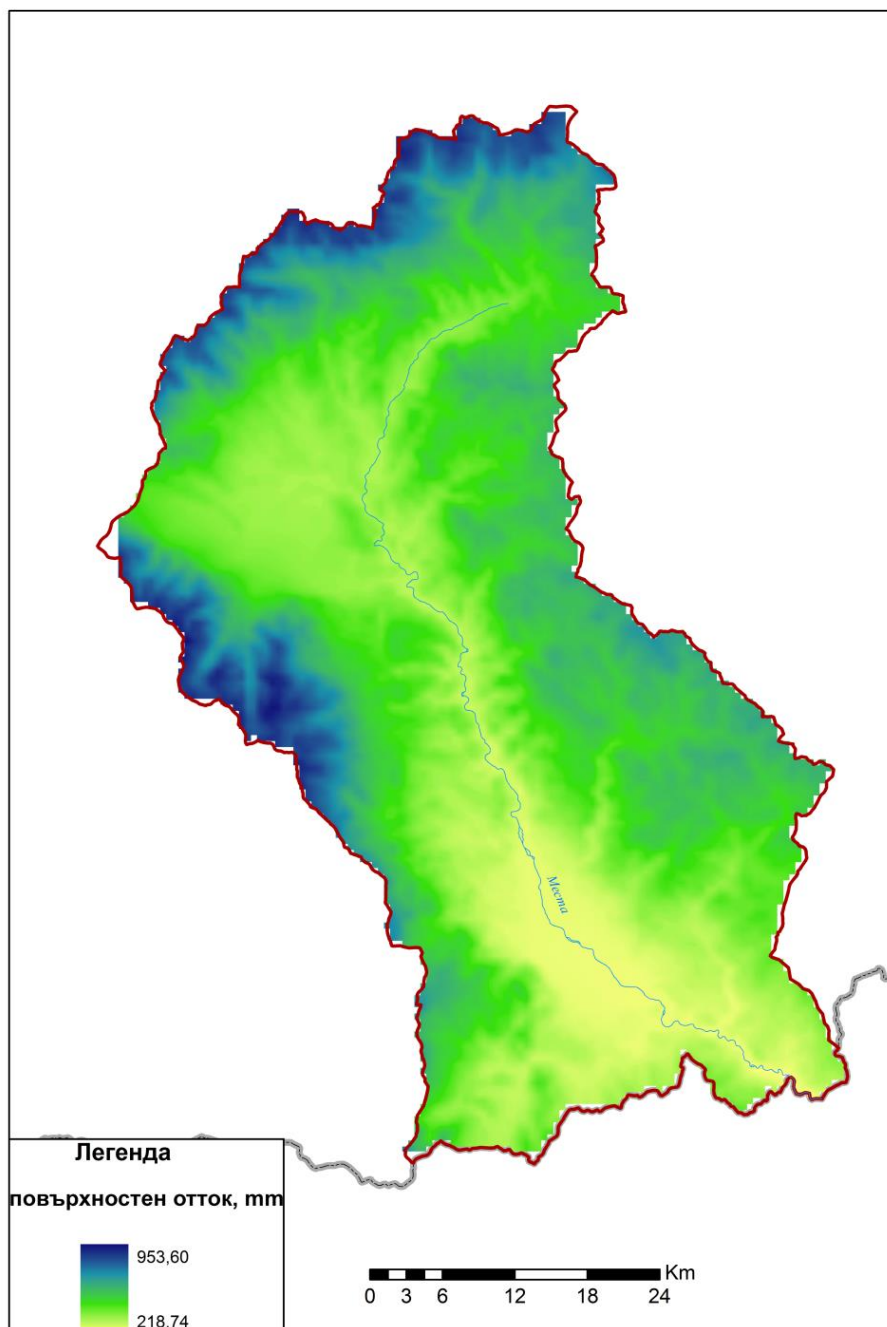
На Фиг. 4.12 се виждат добавените ХМС и три стойности за реалния, изчисления отток и разликата между тях. Същите стойности са представени в таблица 4.7. За река Места при гр. Якоруда и река Канина при с. Огняново, получените водни количества са по-големи от реалните (табл. 4.7), а за река Демяница изчислените стойности са по-малки от реалните. От данните се вижда, че са получени задоволителни резултати при сравняване на трите водосборни области.

За да се оцени точността на моделите, са изчислени средна квадратна грешка на оттока, коефициент на корелация и коефициент на определението (Христов К., 1961). Получените резултати са показани по-долу:

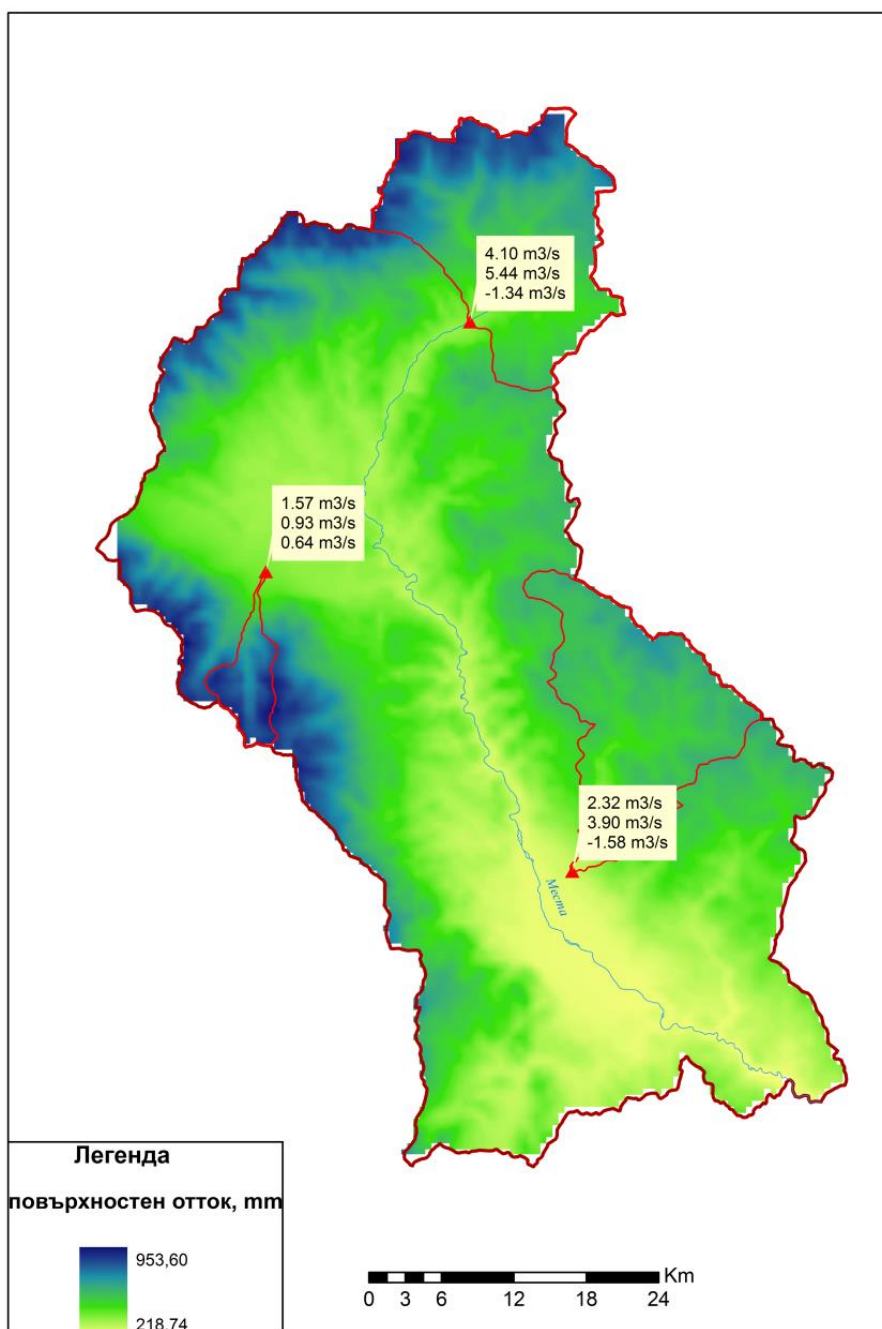
- Средна квадратна грешка $M_r = 1,25 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Коефициент на корелация $R=0,91$ – много висока корелация; (по Николова Н., 2006)
- Коефициент на детерминация(определение) $K_{\text{опр.}}=84\%$.



Фиг. 4.10 Пространствено разпределение на реалната евапотранспирация за водосбора на река Места



Фиг. 4.11 Пространствено разпределение на повърхностния отток за водосбора на река Места



Фиг. 4.12 Сравнение между действителен и изчислен отток

Таблица 4.7 Реален и изчислен отток към хидрометричните станции

ХМС	$Q_{\text{реално}}[\text{m}^3/\text{s}]$	$Q_{\text{изчислено}}[\text{m}^3/\text{s}]$	$d [\text{m}^3/\text{s}]$
Места при Якоруда	4.10	5.44	-1.34
Демяница при Банско	1.57	0.93	0.64
Канина при Огняново	2.32	3.90	-1.58

Тук обаче, е важно да припомним, че темата на този дисертационен труд изисква да се наблегне по-специално на стъпките за достигане до определена визуализация на картата на оттока на река Места, без да се прави анализ на различните модели (получените растери) от хидроложка гледна точка.

6. Интерактивна карта на водосбора на р. Места

Интерактивната карта е създадена със софтуер Mappetizer, която е векторна технология за web-картографиране. За функционалните възможности и предимствата пред други проучени от мен софтуерни продукти може да се види от (Безинска Г., Кастрева П., 2015)

Картното съдържание е представено в четири нива на zoom, които съответстват на различни визуални мащаби. Основният топографски източник на информация е БД от проекта на JICA, като за някои топографски елементи (пътища, върхове и др.) тя е с подобрена и допълнена графична и атрибутна информация от автора. За създаването на интерактивната карта с тематично съдържание - характеристиките на водосбора на р. Места, за основен източник са използвани направените изчисления за тях от докторанта. Използваните картографски знаци са съобразени с изискванията за оформяне на дребномащабни карти. За изобразяване на обекти от един слой, но с различни знаци, същите са разделяни по групи и за тях са избирани различни типове условни знаци. Категоризирането на обектите става по различни количествени или качествени признаци в зависимост от атрибутите, които са въведени. Популярните условни знаци от общогеографското съдържание са показани в легенда. От нея може да се извежда в табличен вид, атрибутната информация за различни слоеве.

След използване на хидроложки функции с помощта на приложението на Arc Hydro Tools за ArcGIS са изведени водосборни области на по-големите притоци на р. Места. Интерактивната карта съдържа общо 28 водосборни области. Водосборните басейни на малките и непостоянните водни течения (дерета) се извеждат с един общ водосбор, чийто граници достигат до главната река Места.

При посочване на обект от картата, на екрана се визуализира информация, която съдържа атрибутната таблица към съответния слой. Картата позволява, потребителят да задава заявки чрез т.нар. queries към базата данни. Резултатът може да се покаже под формата на таблица или графика, според избора на ползвателя. Интерактивната карта, освен това, дава възможност да се правят различни измервания, като напр. разстояния, площи и да се извлича информация за координатите на обектите. Слой за 28 – те водосборни области съдържа всички изчислени характеристики и снимков материал.

Тук трябва да добавим, че при експортиране на картата в интернет се забелязват някои разлики относно оформянето на картографските знаци и надписи за населените места, реки.

Съставената интерактивна карта на водосборния басейн на р. Места, придружена с база данни може да се види на <http://gis.swu.bg/MappetizerMESTA/>.

За изпълнение на задачите е използван още един подход за изработване на интерактивна карта, на основата на Googlemap. Това е лесна и достъпна платформа за създаване на карти, на която потребителят може да визуализира много бързо конкретно тематично съдържание, защото общогеографската основа е налична. Такива карти могат успешно да се прилагат при управления на кризи, където се налага взимане на бързи решения. Картата може да се види на следния линк: <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=15cgZ-byDWVMpoaTd61e8KZcmbYI&ll=41.789427439591734%2C23.691698999999997&z=10> и тя съдържа богат снимков материал за отделните водосборни области.

По съдържание на базата данни двете интерактивни карти не се различават. Целта беше: 1) създадената база данни да бъде свободно достъпна в интернет, без докторанта да има зависимост от администраторски права, предоставяни от университета, което ограничава възможностите за промени; 2) да се направи проучване дали е възможно да се предоставят в интернет растерни изображения, които са резултат от направените от докторанта растерни анализи.

Заключение

В този труд са дискутирани същността на тематичните карти и тяхната визуализация в цифрова среда. В условията на новите технологии (компютърни, ГИС, интернет картографиране, ГНСС и дистанционните методи), тематичните карти ги възприемаме като сложни социално-технически визуални образи, предназначени за разнообразна интерпретация от широк кръг потребители.

Работата съдържа теоретична част, която разглежда съвременните картографски модели и анализи. Изследователските въпроси, решени в дисертационния труд включват ревизиране на дефиниции, термини и теоретични понятия, свързани с компютърната картография, как цифровите карти се представят семиотично и каква е силата на тези карти в съвременния свят.

Дисертацията има и практически подход, който се прилага за важна група тематични карти и информационни системи, които все още не са намерили своето място в националната инфраструктура от данни (Spatial Data Infrastructure -SDI). Тези карти дават една невероятна картина за състоянието и управлението на водите по басейнови райони. Те също така предоставят богата практическа информация за извършване на анализи на хидроложките характеристики на водосборните басейни. Целта от разработената приложна част в дисертацията (разработена база данни, интерактивна карта и интернет приложение за водосбора на р. Места) е да се разбере, както дизайна и значението на картографските знаци, така и огромното значение на картите от инфраструктурата на Интернет. Така се засягат два проблема, тясно

обвързани в насърчаването на понятието глобален обхват на мрежата. Първият се фокусира върху смисъла и силата на статистическото картографиране, което представлява същността на глобализацията чрез интернет свързаност. Вторият е свързан с бавната реакция на отговорните институции (в случая МОСВ) за създаване и достъп до тази инфраструктура от данни.

В дисертацията се представят различни картографски модели, направени от докторанта за изследвания обект (водосборен басейн на р. Места) и които се различават значително от описаните досега традиционни модели. Отличителна особеност на моделите е начина на предоставяне на информацията, което се дължи на използване на картографските методи в цифрова среда.

В процеса на извършване на дисертационните изследвания бяха решени поставените задачи и постигната основната цел на работата – изследвана е същността и особеностите на картографските методи за изобразяване на тематичното съдържание на картите и в частност на хидроложките в цифрова среда.

Основните резултати от дисертационния труд се състоят в следното:

Направен е анализ на съвременното състояние и проблемите при картографското изобразяване в цифрова среда. В резултат на анализа беше установено, че към настоящия момент съществува система от картографски методи като научно-методическа основа за създаване на тематични карти и модели. Тя обаче не е единна в терминологично отношение. В дисертацията са направени предложения за отстраняване на този проблем чрез обединяване на някои от методите. Основания за това са: 1) Методите могат да се класифицират в зависимост от картографските знаци. На същото основание се структурират и картните слоеве в ГИС среда. 2) Някои от методите се различават само по местоположението на картографския знак, но не и по начина на неговото изображение; 3) Намаляването на методите е логично, тъй практиката е доказала, че най-често се използват 5-6 от тях.

Извършено е изследване за практическото приложение и ефективност на картографските методи при съставяне на съвременни хидроложки карти. В процеса на изследване е установено, че съвременните средства за картографиране (като ГИС технологията) дават възможност за използване на всички познати досега картографски методи за изобразяване, но също така нови възможности. Това наложи и въвеждане на т.н визуализиращи методи. Те са характерни за представяне на явленията / обектите като примерни и най-вече са ефектен начин за представяне примерни повърхнини;

В резултат на изследванията в дисертационния труд са получени два нови информационни продукта: геобаза данни от изчислени характеристики на водосбора на р. Места и картографското им представяне в интернет пространството.

ОСНОВНИ ПРИНОСИ

Научни приноси

- 1) Предложено е уеднаквяване на термините в картографията, в това число и свързаните с картографските методи за изобразяване съдържанието на картите. За някои от термините са предложени подходящи български имена.
- 2) Направено е обосновано предложение за обединяване и промяна на наименования на някои методи, основани на направения анализ и сравнителна характеристика на картографските методи, използвани от различни картографски школи.
- 3) Предложена е класификация на методите в резултат на новите технологии за проектиране и съставяне на картите.

Научно-приложни приноси

- 1) Предлага се за територията на басейна на р. Места приетата UTM проекция (съгласно БГС 2005 г.) да се използва при централен меридиан $24^{\circ} 20'$, вместо 27° за $35^{-та}$ зона, с цел намаляване на линейните и площни деформации. Предложението се основава в резултат на направено изследване за влиянието на грешките при трансформация на данни от 34 координатна зона към 35 зона когато UTM проекцията се прилага за територията на цялата страна. Направени са конкретни предложения за подобряване на базата данни като се отстранят някои грешки в графичната и атрибутивната ѝ част.
- 2) Създадена е база данни за хидроморфометрични характеристики на съставните 28 водосбора на р. Места и е описана методика за получаване и анализ на характеристиките на водосборен басейн. Резултатите са представени в авторски карти, които могат да послужат за решаване на различни хидроложки задачи.
- 3) Създадени са интерактивни карти, които са популяризирани на сайта на университета и в Google maps.

ПУБЛИКАЦИИ, СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИЯТА

Безинска Г. (2016) Ефективност на картографските методи на изобразяване гъстотата на речната мрежа на басейна на р. Места. XXVI Международен симпозиум „Съвременните технологии, образованието и професионалната практика в геодезията и свързаните с нея области“, 03 - 04 ноември, 2016, София

Bezinska G., (2016) Mapping the drainage density of small catchment along the Mesta River; PhD Student Scientific Session of the FMNS, 15.06.2016г.

Кастрева П., **Безинска Г.** Грешки при трансформиране на графични данни от една координатна зона в друга; Геодезия, картография и земеустройство, бр.5-6 2015 стр. 3-8.

Безинска Г., Кастрева П. (2015) Особенности и перспективы на интерактивните карти в гидрологията. сп. "Геодезия, картография и земеустройство", бр. 3-4 /2015 г.

Kastreva P., **Bezinska G.** (2013) The diagrams in the cartography. 22th International symposium on "Modern technologies, education and professional practice in Geodesy and related fields", 7-8 November 2013, Sofia.

Kastreva P., **Kuleva G.** (2010) Mapping of dynamic geographic processes. Международна конференция „Глобални промени и регионално развитие“ Софийски университет-Геолого-географски факултет. 16-17 април 2010, стр.312-315.

БЛАГОДАРНОСТИ

Дисертацията бе осъществена под научното ръководство на доц. д-р инж. Пенка Кастрева. Изказвам сърдечна благодарност за ценната научно-методическа помощ, съдействието и отзивчивостта на научния ми ръководител при разработването ѝ. Без нейната подкрепа и вяра в мен, този труд нямаше да бъде осъществен.

Чувствам се задължена да изкаже своята дълбока благодарност на всички колеги от катедра ГЕООС, както и на ръководителя ѝ доц. д-р Константин Тюфекчиев за цялостната му подкрепа и съдействие в работата ми.

Особено признателна съм на ръководството на Басейнова дирекция „Западнобеломорски басейн“ за предоставените данни за района на басейново управление, без които това изследване нямаше как да се осъществи.

Дължа специални благодарности на доц. д-р Михаил Михайлов за направените препоръки и съвети относно въпросите, засягащи хидроложкото картографиране, както и на доц. д-р Красимир Стоянов за безкрайно ценната му помощ при анализа и интерпретацията на хидроморфометричните карти.

Тук е момента да благодаря и на моите студенти, които бяха съпричастни и ме вдъхновяваха и окуражаваха в това начинание.

Благодаря на близките си, и по-специално на моята майка, за подкрепата, разбирането и търпението, което проявиха към мен.

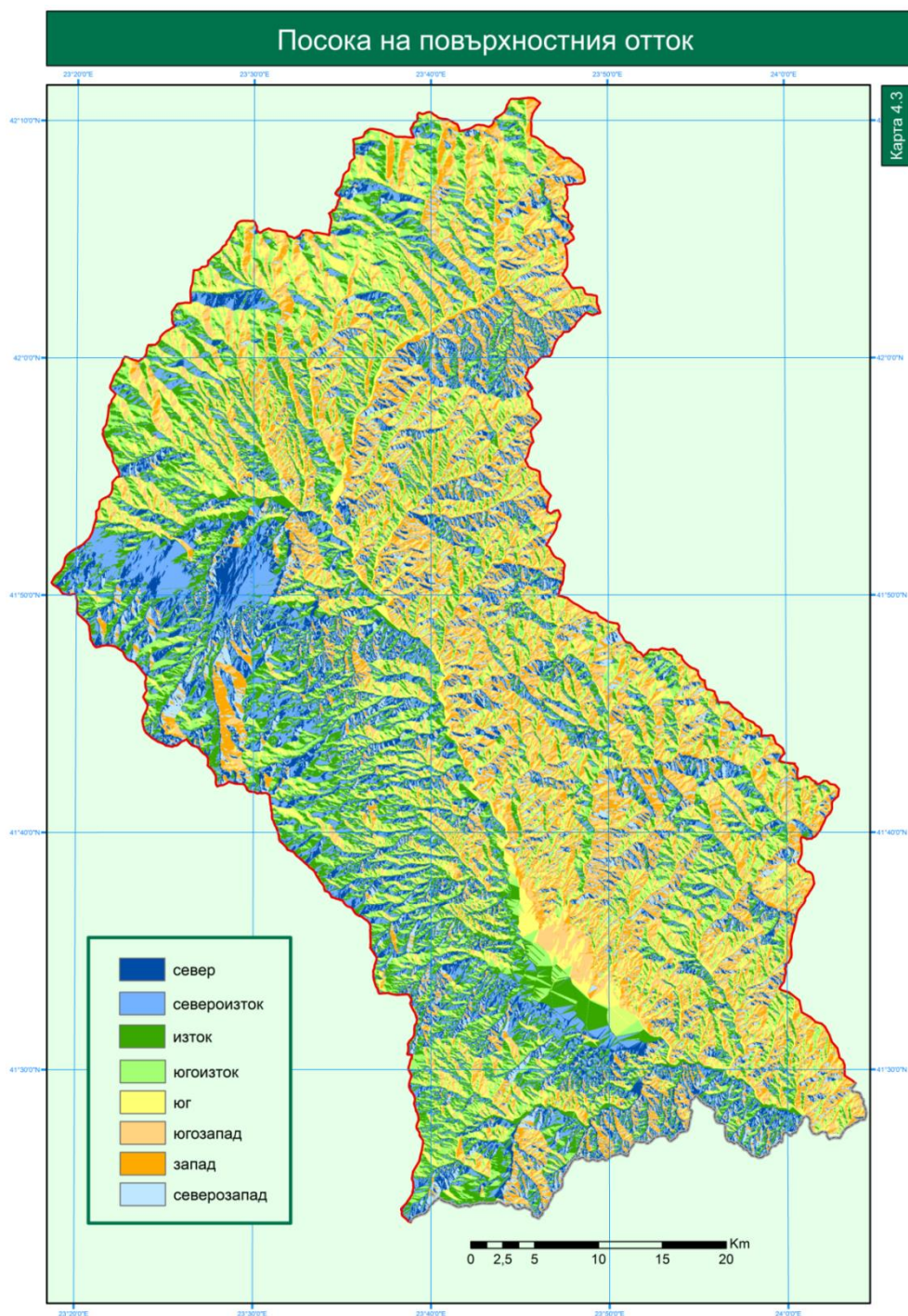
ЛИТЕРАТУРА, ЦИТИРАНА В АВТОРЕФЕРАТА

- Андреев, М. (1980) Математическа картография. Техника, С.
- Бандрова, Т. (2001) Автореферат на дисертационен труд „Знакова система на тридименсионални карти на населени места“, Университетско издателство, София, 2001
- Безинска, Г., Кастрева, П. (2015) Особенности и перспективы на интерактивните карти в хидрологията. сп. „Геодезия, картография и земеустройство“, бр.3-4 /2015 г”
- Божилина А. Л., Емельянова, Л. Г., Котова, Т. В., Тальская, Н. Н., Тутубалина, О. В., Украинцева, Н. Г. (2010) Географическое картографирование: карты природы. Учебное пособие. Издательство „КДУ“, С., 316.
- Василев, С. (1997) Картографска генерализация в цифрова среда. Автореферат на дисертационен труд, С.
- География на България. Физическа и социално-икономическа география (2002) (гл. ред. Копралев, И.), ГИ на БАН, Изд. ФорКом, С.
- Идриси, Б. (2004) Општа картография со картографска генерализација. Издание на Државниот завод за геодетски работи. Скопје.
- Климатичен справочник. Валежи в България (1990) Изд. БАН, С.
- Климатичен справочник за НР България (1983) т.3, Изд. Наука и изкуство, С.
- Николова, Н. (2006) Статистика – обща теория. УИ „Неофит Рилски“, Благоевград.
- Павлов, П. (2000) Автореферат на дисертационен труд „Приложение на географски информационни системи за къдастъра на подземни проводи и съоръжения“, С.
- Хидрологичен справочник на реките в България (1958). Т.1,2, НИ, С.
- Христов, К. (1961) Математическа картография, Изд. Техника, С.
- Христова, Н., (2012) Речни води на България, „Тип - топ прес“, С., 830.
- Чолеев, И. (1978) Геоморфолошко развитие на долините в Разложката котловинна морфоструктура. Год. на СУ, ГГФ, т. 72.
- Anson, R.W, Ormeling, F.J. (2001) Basic cartography. Vol.1. 2nd edition, Butterworth-Heinemann.
- Anson, R.W, Ormeling, F.J. (2002) Basic cartography. Vol.2. 2nd edition, Butterworth-Heinemann
- Anson, R.W, Ormeling, F.J. (1996) Basic cartography. Vol.3, Butterworth-Heinemann
- Ascione, A., Cinque, A., Miccadei, E., Villani, F., & Berti, C. (2008) The Plio-Quaternary uplift of the Apennine chain: new data from the analysis of topography and river valleys in Central Italy. Geomorphology, 102(1), 105-118.
- Baltakov, G., Choleev, I., Psilovikos, A, Vavliakis, E. (1996) Latecenozoic evolution of the Mesta\Nestos\ Valley System. ГодСУ,ГГФ,т.90,кн.2,георп.
- Barling, R. D., Moore, I. D., & Grayson, R. B. (1994) A quasi-dynamic wetness index for characterizing the spatial distribution of zones of surface saturation and soil water content. Water Resources Research, 30(4), 1029-1044.
- Beven, K. J., & Kirkby, M. J. (1979) A physically based, variable contributing area model of basin hydrology/Un modèle à base physique de zone d'appel

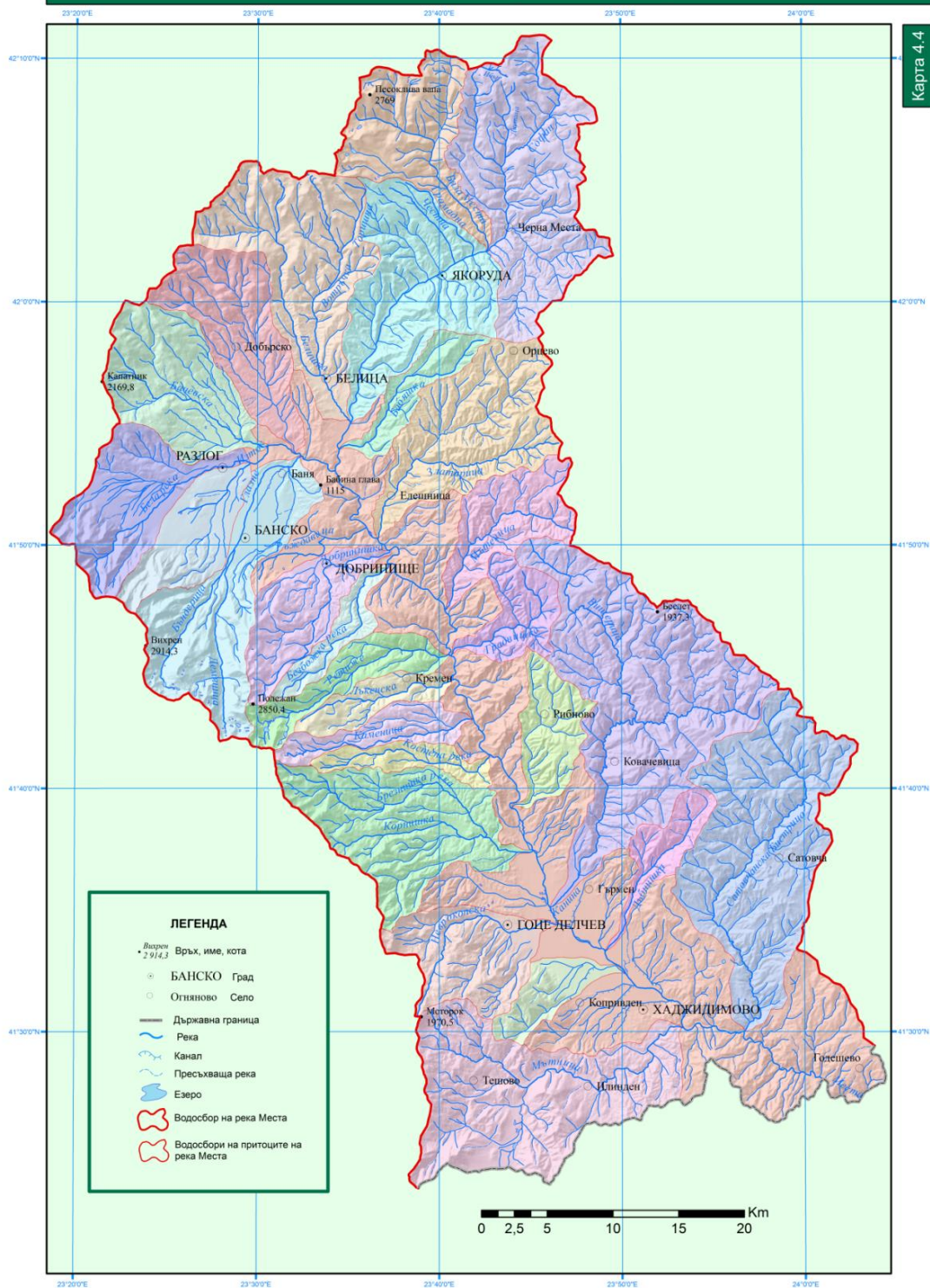
- variable de l'hydrologie du bassin versant. *Hydrological Sciences Journal*, 24(1), 43-69.
- Carlston, C. W. (1963). *Drainage density and streamflow*. Washington: U.S. Govt. Print. Off.
- Dorling, D. (1996) *Area cartograms*. Norwich, England: School of Environmental Sciences, University of East Anglia.
- Fonstad, M. A. (2003). Spatial variation in the power of mountain streams in the Sangre de Cristo Mountains, New Mexico. *Geomorphology*, 55(1), 75-96.
- Giesler, R., Högborg, M., & Högborg, P. (1998) Soil chemistry and plants in Fennoscandian boreal forest as exemplified by a local gradient. *Ecology*, 79(1), 119-137.
- Giesler, R., Högborg, M., & Högborg, P. (1998) Soil chemistry and plants in Fennoscandian boreal forest as exemplified by a local gradient. *Ecology*, 79(1), 119-137.
- Grohmann, C. H., Smith, M. J., & Riccomini, C. (2011). Multiscale analysis of topographic surface roughness in the Midland Valley, Scotland. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 49(4), 1200-1213.
- Horton, R. (1932) Drainage-basin characteristics. *Trans. AGU*, 13(1), p.350.
- Horton, R. (1945) Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol Soc America Bull*, 56(3), p.275. Available on http://www.geos.ed.ac.uk/homes/s0451705/horton_1945.pdf.
- Horton, R. E. (1941) An approach toward a physical interpretation of infiltration-capacity. *Soil Science Society of America Journal*, 5(C), 399-417.
- Högborg, P. (1990) Forests losing large quantities of nitrogen have elevated ^{15}N : ^{14}N ratios. *Oecologia*, 84(2), 229-231.
- Japan international cooperation agency (Jica), (2008) Проект “Интегрирано управление на водите в Република България” ГИС Модел на Данни, наличен на http://www.wabd.bg/bg/index.php?option=com_content&task=view&id=437&Itemid=56.
- Melton, M. A. (1965) The geomorphic and paleoclimatic significance of alluvial deposits in southern Arizona. *The Journal of Geology*, 1-38.
- Nikolova, N.; Gikov, A.; Borissov, S.; Vassilev, V.; Bournaski, E. (2004) GIS of Mesta/Nestos catchment in Bulgarian territory. *Proceedings of the Eco-Geowater Conference “GI for International River Basin Management”* Budapest, June 3-5, p.163-170.
- O'loughlin, E. M. (1986) Prediction of surface saturation zones in natural catchments by topographic analysis. *Water Resources Research*, 22(5), 794-804.
- Qin, C. Z., Zhu, A. X., Pei, T., Li, B. L., Scholten, T., Behrens, T., & Zhou, C. H. (2011) An approach to computing topographic wetness index based on maximum downslope gradient. *Precision Agriculture*, 12(1), 32-43.
- Riley, S. J., DeGloria, S. D., & Elliot, R. (1999) A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity. *intermountain Journal of sciences*, 5(1-4), 23-27.

- Schumm, S. A. (1956) Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geological society of America bulletin, 67(5), 597-646.
- Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009) Thematic cartography and geovisualization.
- Stoyanov, Kr., Ilieva, S. (2007) Special features in the regime and the distribution of the rainfalls in part of South-Western Bulgaria. Proceeding of the International scientific conference FMNS, vol.2, 224-234, Blagoevgrad, 6-10.06.
- Tomlin, C. D., & Berry, J. K. (1979) Mathematical structure for cartographic modeling in environmental analysis. In: "Proceedings of the American Congress on Surveying and Mapping annual meeting".
- Tucker, G. E., Catani, F., Rinaldo, A., & Bras, R. L. (2001) Statistical analysis of drainage density from digital terrain data. "Geomorphology", 36(3), 187-202.
- Turc, L. (1954) The water balance of soils. Relation between precipitation evaporation and flow. In: "Annales agronomiques", (Vol. 5, pp. 491-569).
- Wolman, M. G., Miller, J. P., & Leopold, L. B. (1964) Fluvial processes in geomorphology. San Francisco.
- Web-Site <http://gis.swu.bg/MapetizerMESTA/>
- Web-Site <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=15cgZ-byDWVMpoaTd61e8KZcmbYI&ll=41.789427439591734%2C23.69169899999997&z=10>

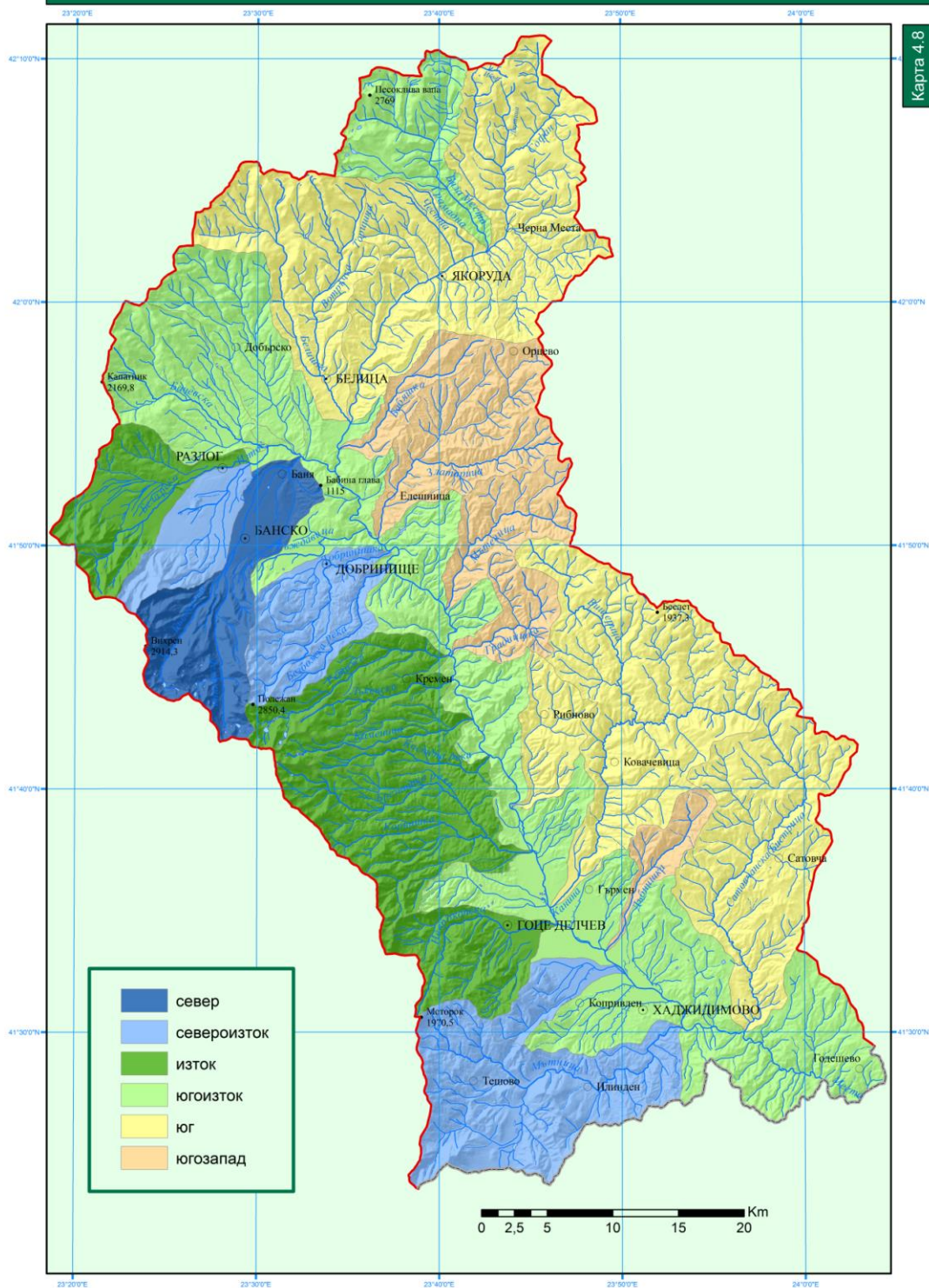
Картни приложения (представени са 14 от общо 24 карти)



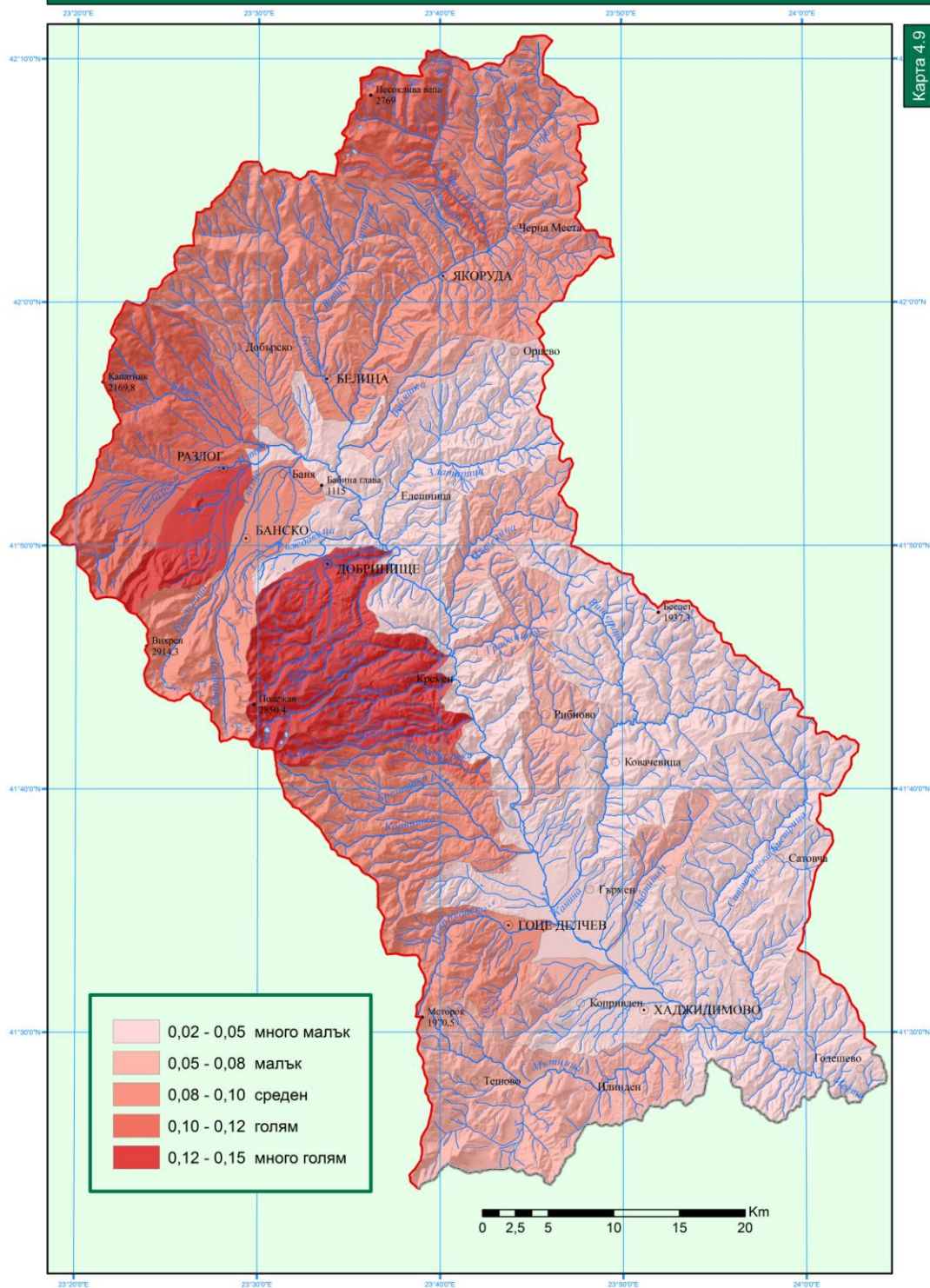
Карт 4.4



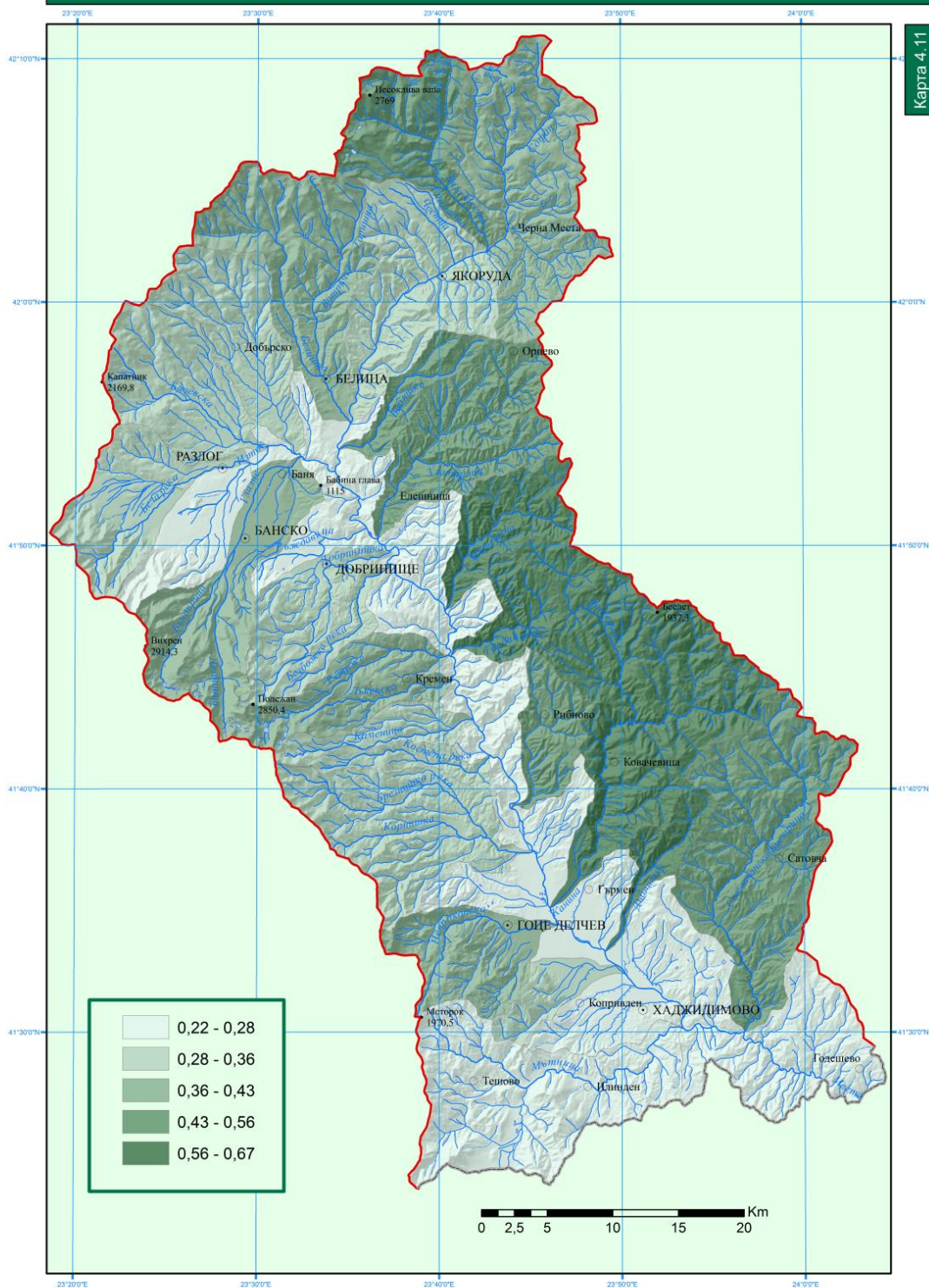
Ориентация на водосборите



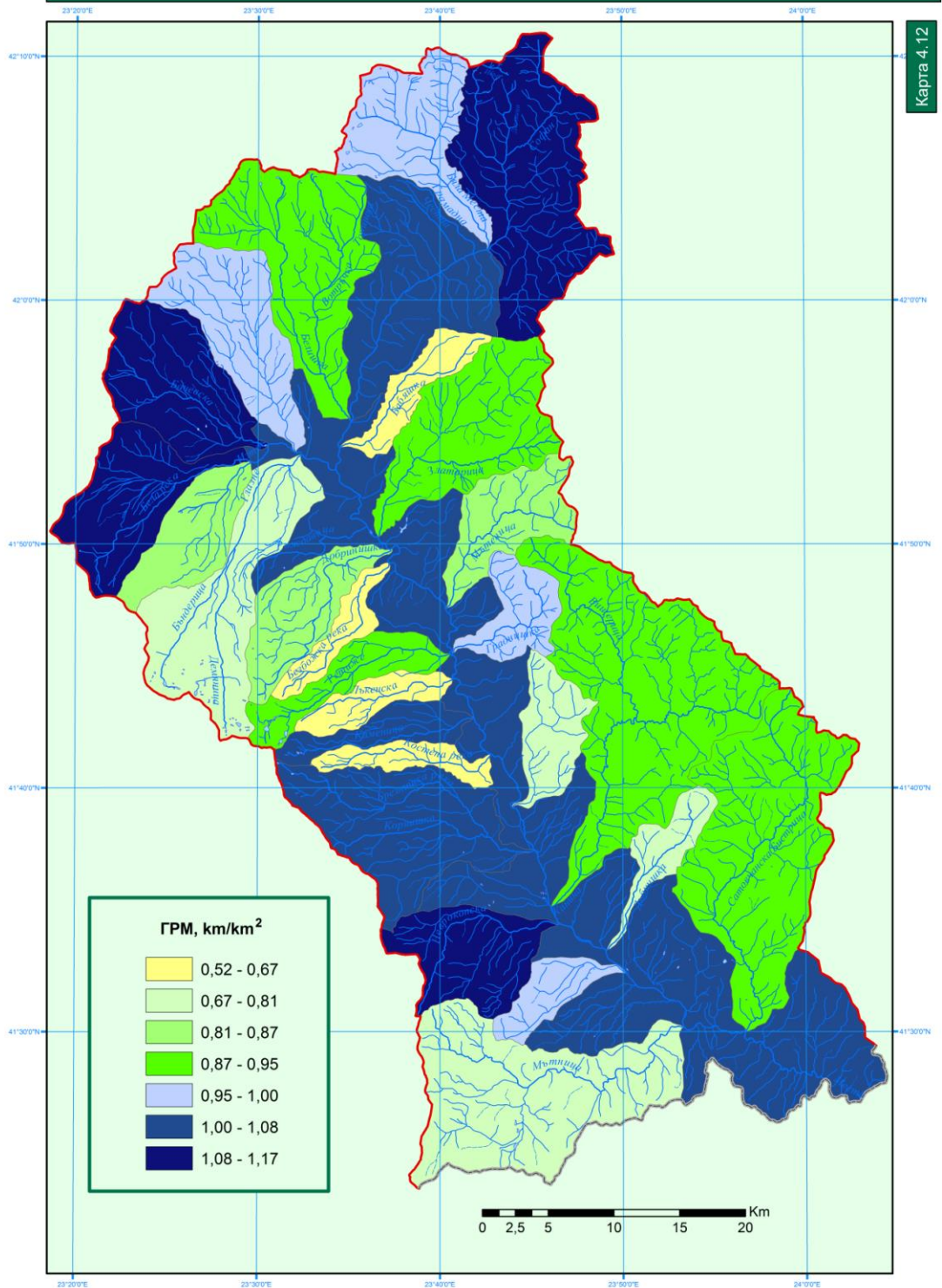
Топографски коефициент на наклон на водосборите



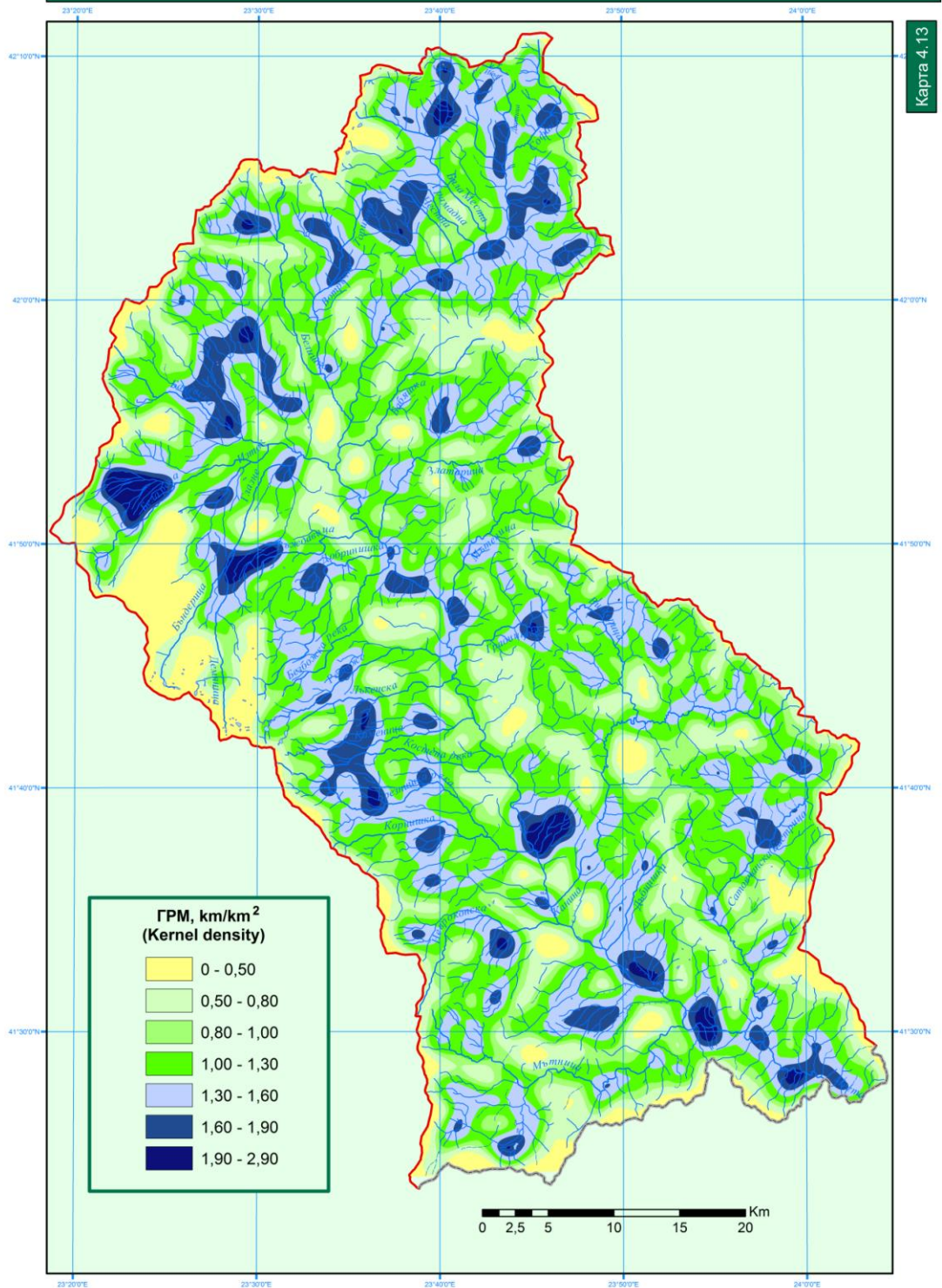
Коефициент на всичане на речната мрежа по водосбори



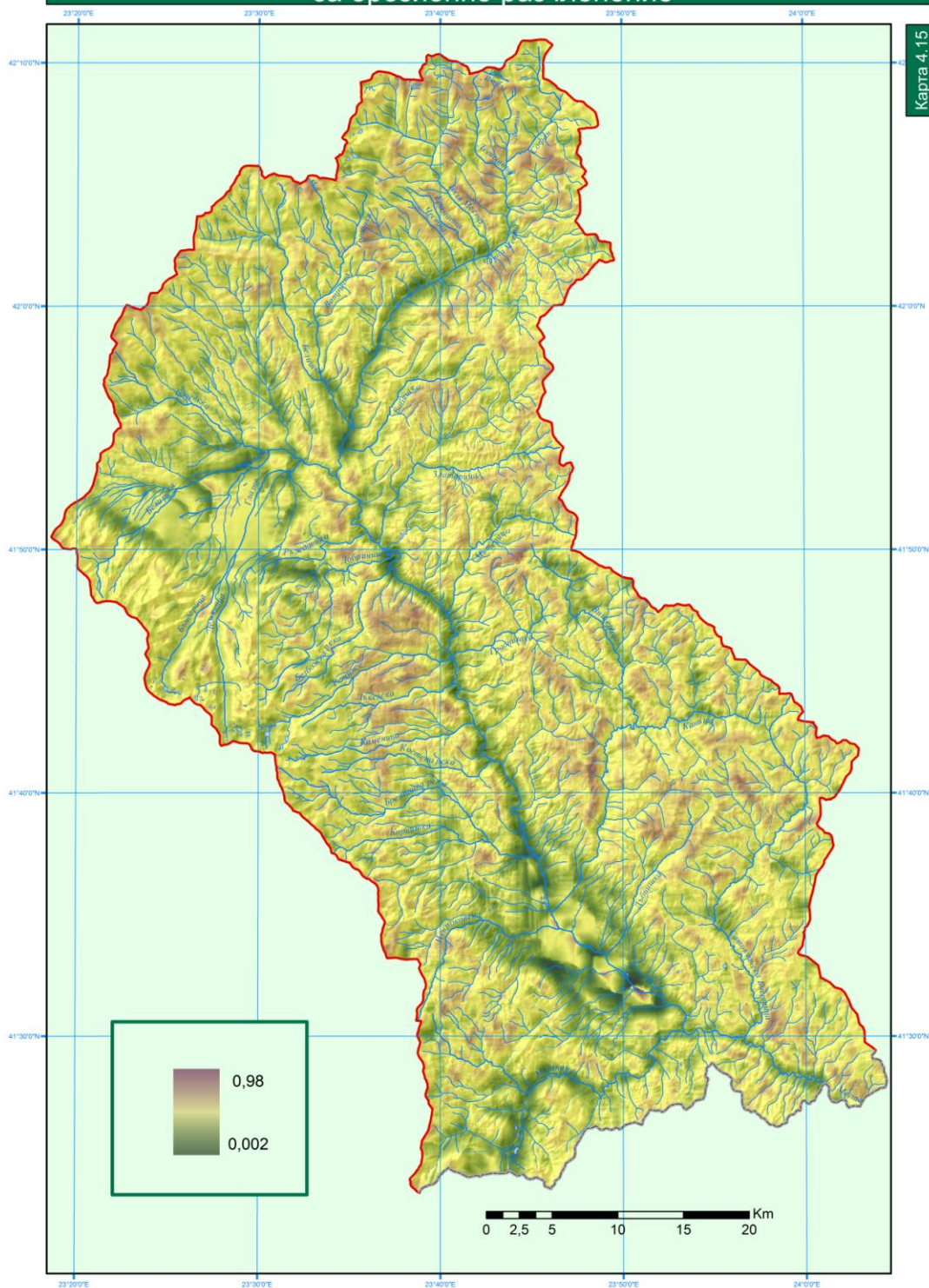
Гъстота на речната мрежа



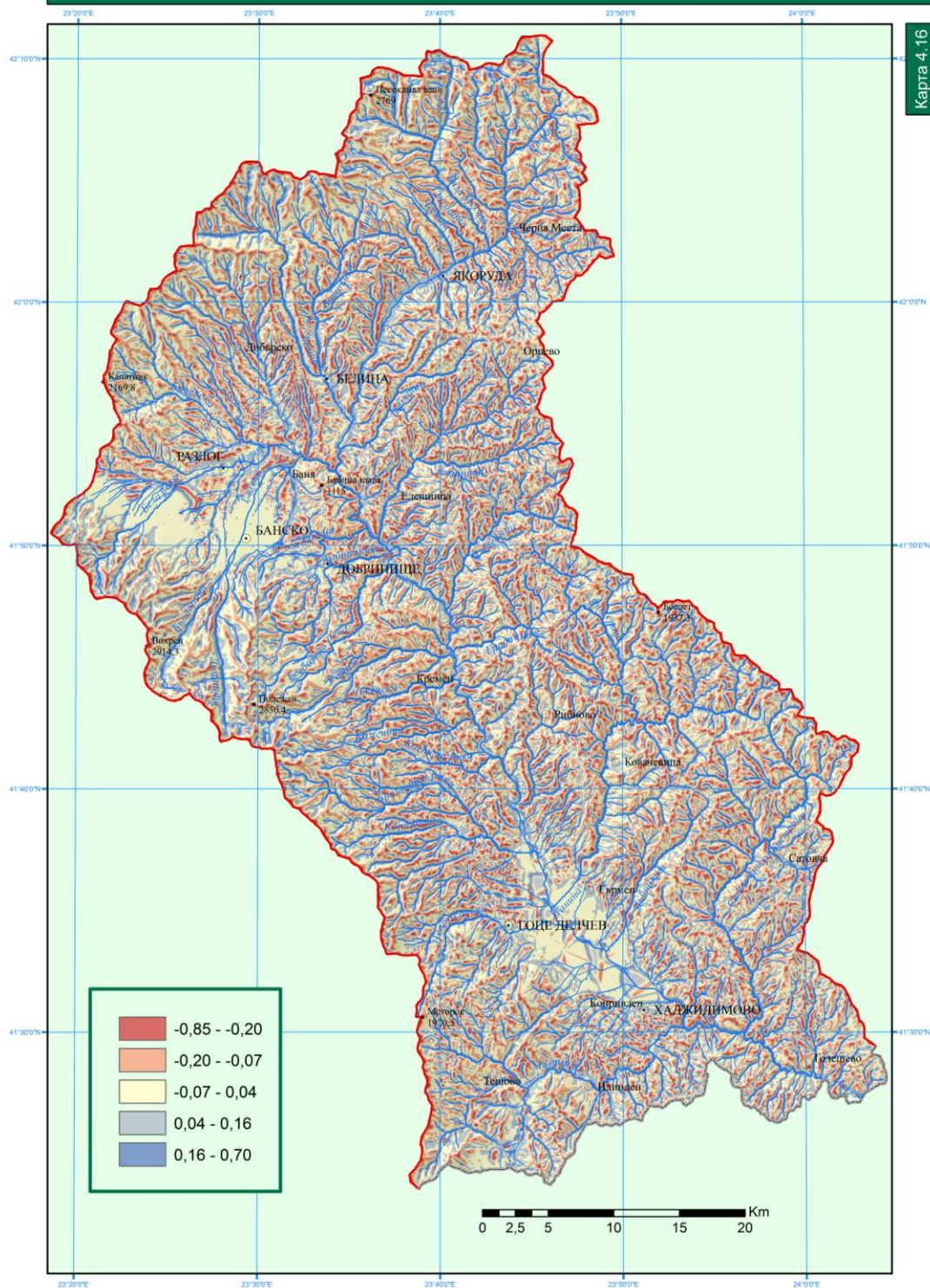
Гъстота на речната мрежа



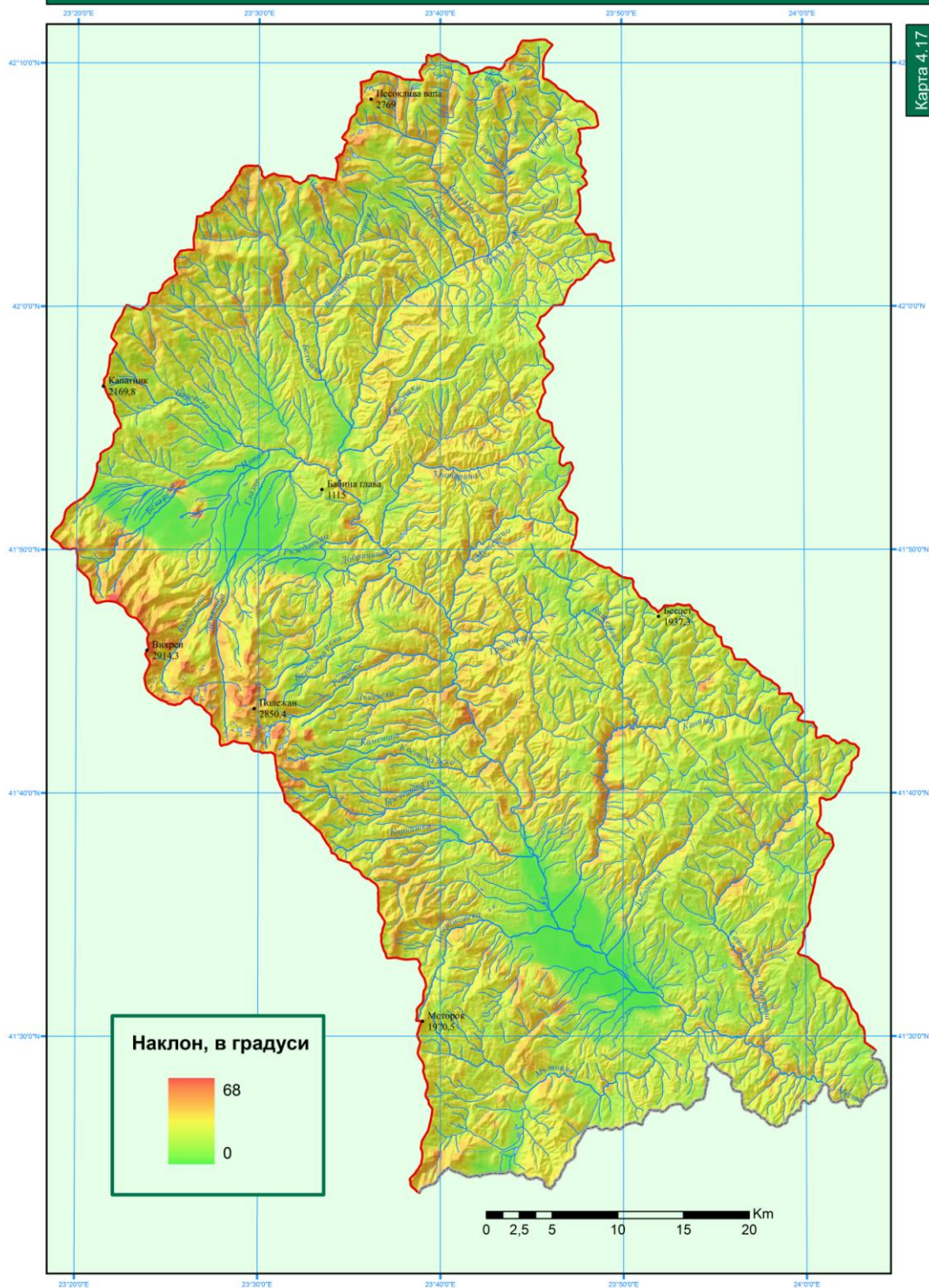
Относителен топографски коефициент за ерозионно разчленение



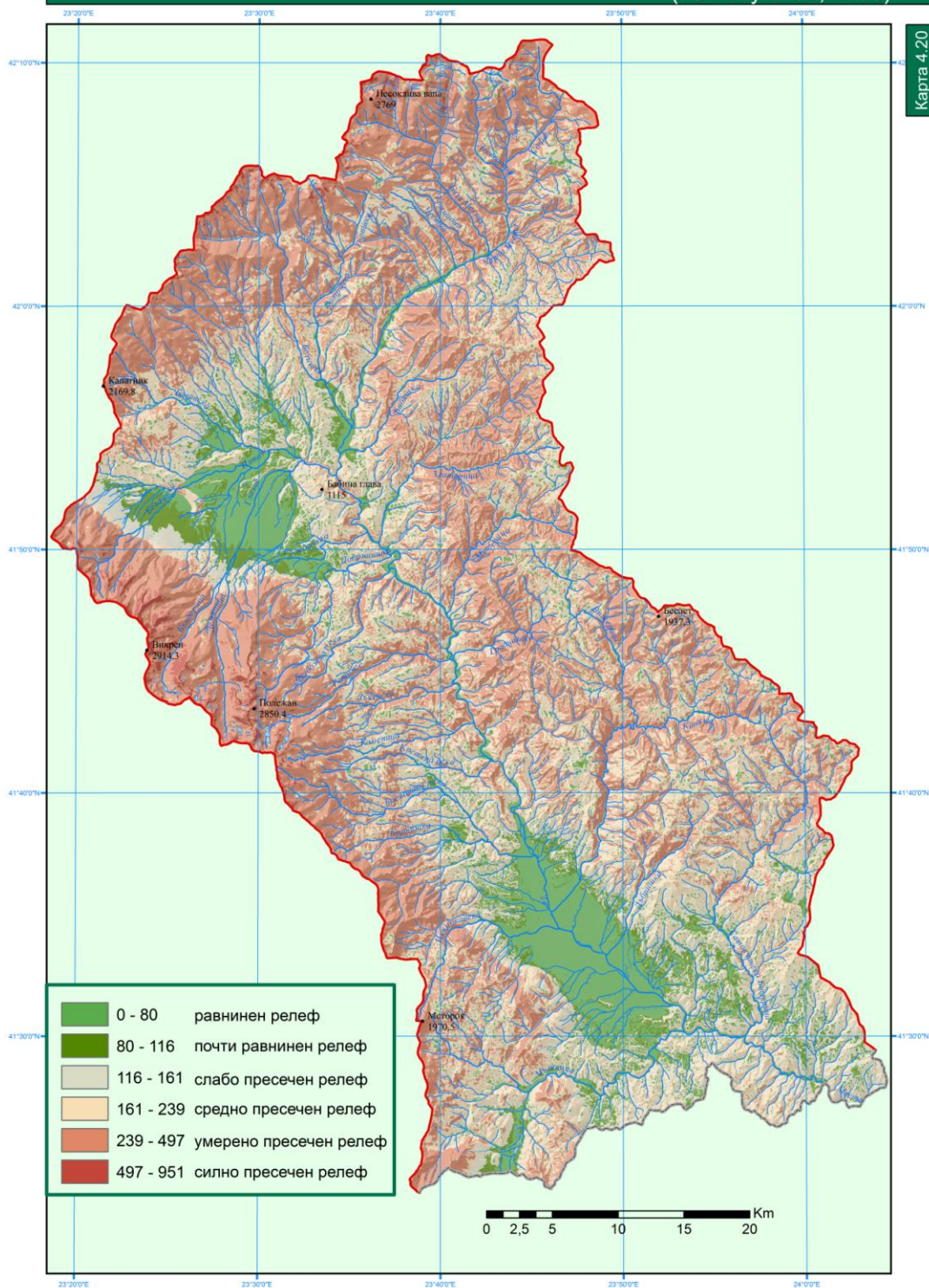
Стандартно отклонение на релефа (по Ascione et al., 2008)



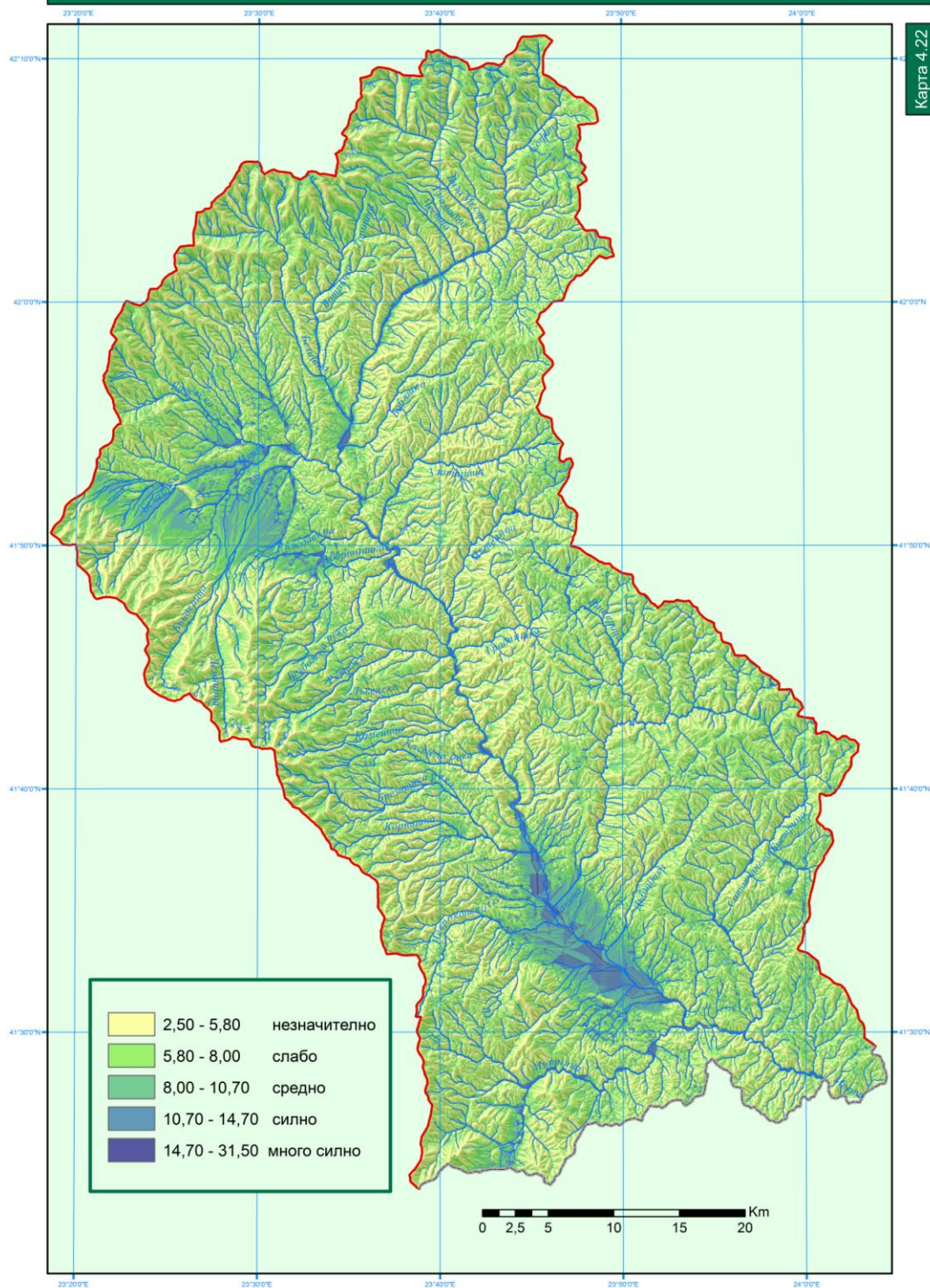
Разлики в действителния наклон на склона



Коефициент на неравност на релефа (по Riley et al., 1999)



Топографски индекс на овлажнение (по Beven & Kirkby, 1979)



Коефициент на потенциална ерозия

