

1. Вариченко Л.В., Раков М.А., Томин Ю.А. Математические модели и архитектура систем обработки аэрокосмических данных дистанционного зондирования // *Косм. наука и техника.* – 1990. – Вып.5. – С. 56-62.
2. Головчин В.Р. Цифровые методы коррекции геометрических искажений аэрокосмических снимков // *Тр. Гос. н.-иссл. центра изуч. природных ресурсов.* – 1990. – №36. – С.10-38.
3. Zdanovich V.V., Klokov V.I., Lakunin A.V., Romanenko A.J. *Solid Surface Image Processing // LSPIC-90. Riga.* – V.2. – P.363-367.
4. В.Н.Мельник, В.Н.Соколов, М.П.Шебастинов, О.М.Иванчук. Анализ погрешностей стереоизмерений в растровой электронной микроскопии // *Изв. АН СССР. Сер. физ.* – 1997. – №3. – С.468-474.
5. Соколов В.Н., Юрковец Д.И., Мельник В.Н. Анализ РЭМ-стереоизображений. *Изв. АН. Сер.физич., 1996.* – Т.60. – №2. – С.55-64.
6. Соколов В.Н., Мельник В.Н., Юрковец Д.И. Анализ геометрической коррекции цифровых РЭМ-изображений // *XVIII Российская конф. по электронной микроскопии. Черногловка, 2000.* – С.141-142.
7. Д.М.Устинин. Анализ параметров наноструктур методом морфологического анализа изображений // *XIII Российский симпозиум по растровой электронной микроскопии. Черногловка, 2003.* – С.109.
8. Б.Н.Радионов. Динамическая фотограмметрия. – М.:Недра, 1983. – 311 с.
9. Гоулдетейн Дж., Ньюберн Д., Ёчлин П. *Растровая электронная микроскопия и рентгеновский анализ. В 2-х кн. Пер. с англ.* – М.: Мир, 1984. – 303 с.
10. Bunde H.J. *Nathematische Methoden der Textur analyse.* – Berlin: Academie Verlag, 1969. – 325 с.
11. В.Н.Мельник, В.Н.Соколов. О регуляризирующем построении по РЭМ-изображениям ЦММР // *XVI Российская конференция по электрон. микроскопии. Черногловка, 1996.* – С.33-34.
12. А.Н.Тихонов., В.Я.Арсенин. Методы решения некорректных задач. –М.: Наука, 1986. – 287 с.
13. А.Н.Василенко. Теория восстановления сигналов. – М.: Советское радио, 1979. – 270 с. К теории дисторсионных искажений РЭМ-изображений

УДК 528.29

І.Василиха

Національний університет «Львівська політехніка»

ОСОБЛИВОСТИ ЦИФРОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ТИПІВ РЕЛЬЄФУ

© Василиха І., 2007

Рассмотрены вопросы цифрового моделирования рельефа сложного типа. Предложено использовать комбинацию методов математического моделирования рельефа.

Questions of digital modeling of relief of difficult type are considered. It is suggested to use combination of methods of mathematical relief modeling.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сучасні методи комп'ютерного опрацювання інформації базуються на створенні цифрових моделей рельєфу, які є основою для ГІС і є пріоритетними для вирішення цілої низки наукових та народно-господарських завдань.

Комплекс програм на ЕОМ розв'язує задачу формування цифрових моделей рельєфу (ЦМР) і представлення результатів. ЦМР дозволяє швидко отримати топографічну інформацію на конкретну територію і визначити за нею похідні характеристики: розподіл освітлених і затінених схилів, величин нахилів схилів, виділення меж зон тіней, зон видноти.

Зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Основні сфери застосування ЦМР пов'язані з визначенням та побудовою ізоліній, побудовою профілів, визначенням водорозділів та лінії стоку, вибором оптимальних трас доріг, каналів, меліоративних мереж, виділення басейнів водозборів, визначення об'ємів земляних робіт. Зростає кількість робіт, кінцевою метою яких стає отримання даних про зсувні чи ерозійні процеси.

Оскільки рельєф впливає на ґрунтове покриття, то його враховують у кадаструванні земель.

Безперечний вплив рельєфу земної поверхні і на гідрометеорологічні дані. Він є основним чинником у дослідженні гідрометеорологічних явищ гірських районів нашої країни.

Із вивчення топографічної та картографічної літератури [1,3-6,8-18] зроблено висновок про відсутність чіткого визначення типів рельєфу та його залежності від генезису. У той же час, здавалося б, ці питання повинні одержати вичерпну інформацію саме в літературі, пов'язаній із способами і методами зображення рельєфу.

На виробництві використовують десять категорій складності рельєфу[7]. Ці категорії були класифіковані залежно від трудомісткості представлення рельєфу фотограмметричним чи топографічним методами.

Бойко А.В. виділяє чотири типи рельєфу: рівнинний, горбистий, гірський, штучно створені форми [3].

Невирішені частини загальної проблеми. Високоточне цифрове моделювання складного рельєфу, особливо вузьких лощовин, рік з наявністю приток, зрізаних берегових ліній рік, озер, мікрорельєфу, спричиненого русловими процесами, вимагає особливо ретельного задання вихідної інформації. Узагальнений підхід набору вихідних точок тільки на ізолініях і у точках урізів води чи характерних точках, підписаних на карті, не дозволить відтворити модель при використанні автоматизованого методу її створення з потрібною точністю.

Постановка завдання. В задачу досліджень входить розгляд питань класифікації типів рельєфу стосовно цифрового моделювання.

Складність досліджень полягає в різновидності типів рельєфу залежно від його походження, впливу руслових, вітрових, ерозійних процесів та його мікро форм.

Виклад основного матеріалу. Очевидно, що принципи класифікації рельєфу, засновані на галузевих вимогах, не можуть претендувати ні на повноту, ні на загальну застосовність.

В основі виділення типів рельєфу повинний бути покладений принцип глибини і характеру розчленування (відносних перевишень), нащо наголошується в [13]. Автор пропонує розрізнити такі зовнішні морфологічні типи рельєфу: рівнини різної стадії ерозійного розчленування, горбисті і гірські місцевості різної висоти і характеру.

У новітніх топографічних інструкціях виділяють три основних типи рельєфу: рівнинний, горбистий і гірський. Горбистий тип рельєфу є перехідним, між рівнинним і гірським.

Отже, рельєф поділяється на рівнинний та гірський (таблиця 1). У II і III класі доцільно виділяти: розчленування, що не охопило вододіли та охопило вододіли. Рельєф II та III класу поділяють на 10 типів, IV класу на 2 типи і V класу на 3 типи.

Відмінність III класу від класу II полягає тільки в різниці амплітуд відносних висот.

В табл.2. наведено характерні риси рельєфу, що притаманні саме цьому класу і за якими можна віднести експериментальну чи досліджувану ділянку рельєфу до того чи іншого класу.

Звернемо увагу на побудову ЦМР при заданні інформації картометричним методом. Інформація задавалася за ізолініями з включенням характерних точок рельєфу та урізів води. Щільність вихідної інформації залежить від вигинів ізоліній. На вигинах вихідна інформація задавалася з кроком 1-2 мм, а на пологих схилах до 1см.

Із спеціальної літератури [3,7] відомо, що при правильному заданні інформації з використанням картометричного методу отримання вихідної інформації, оптимальним методом є метод Крайгінга з виключенням систематичної складової за лінійною або квадратичною функцією.

Для побудови ЦМР використано програмний пакет Surfer. Подамо на рисунках тип рельєфу представлений ізолініями та ізолінії побудовані за ЦМР для основних типів рельєфу.

Таблиця 1. Класифікація типів рельєфу

Клас	Тип
<i>Рельєф рівнинний</i>	
I Плоскі нерозчленовані або слабо розчленовані рівнини	–
II Мілко розчленовані рівнини	<ol style="list-style-type: none"> 1. рідке долинне розчленування, що не охопило вододіли; 2. густе долинне розчленування, що охопило вододіли; 3. рідке долинно-ярове і балково-ярове розчленування, що не охопило вододіли; 4. густа долинно-балкова і добре розвинута, ярова мережа, що охопила вододільні простори; 5. ярове розчленування з низькою і малорозгалуженою мережею, що не торкнулася вододілу; 6. ярове розчленування з високорозвиненою мережею, яке створює звивистість вододільних ліній; 7. рідкогорбистий рельєф; 8. частогорбистий рельєф; 9. рідкогрядовий рельєф; 10. частогрядовий рельєф.
III Глибоко розчленовані рівнини і височини	<ol style="list-style-type: none"> 1. рідке долинне розчленування, що не охопило вододіли; 2. густе долинне розчленування, що охопило вододіли; 3. рідке долинно-ярове і балково-ярове розчленування, що не охопило вододіли; 4. густа долинно-балкова і добре розвинута, ярова мережа, що охопила вододільні простори; 5. ярове розчленування з низькою і малорозгалуженою мережею, що не торкнулася вододілу; 6. ярове розчленування з високорозвиненою мережею, яке створює звивистість вододільних ліній; 7. рідкогорбистий рельєф; 8. частогорбистий рельєф; 9. рідкогрядовий рельєф; 10. частогрядовий рельєф.
<i>Рельєф гірський</i>	
IV Низькі гори	<ol style="list-style-type: none"> 1. низькі гори з м'якими формами; 2. низькі гори з різкими формами.
V Середньовисотні гори	<ol style="list-style-type: none"> 1. середньовисотні гори з м'якими формами; 2. середньовисотні гори з різкими формами рельєфу; 3. середньовисотні гори з альпійськими формами.
VI Високі гори	<ol style="list-style-type: none"> 1. високі гори з різким альпійським розчленуванням.

На рис.1. подано рельєф I-го класу – плоска нерозчленована рівнина. Їй притаманна нерозчленованість земної поверхні, де амплітуда відносних висот не переважає 10 метрів. Характерним для цього класу є монотонність, одноманітність ландшафту, на якому не помічається яких-небудь особливостей, що кидаються в очі, нерівностей рельєфу.

Таблиця2. Характеристика класів основних типів рельєфу

Основний тип рельєфу	Клас	Назва класу	Крутизна схилів, °	Кількість орографічних ліній на 1 км ²	Відносна амплітуда висот на 1 км ² ,м
<i>Рівнинний</i>	I	Плоский нерозчленований	≤ 3	r = 5	≤ 10
	II	Мілко розчленовані рівнини	≤ 5	r = 10	від 5 до 25
	III	Глибоко розчленовані рівнини і височини	≤ 10	r = 10	від 20 до 200
<i>Гірський</i>	IV	Низькі гори	≤ 20	10 < r ≤ 20	від 175 до 450
	V	Середньовисотні гори	≤ 20	10 < r ≤ 20	від 350 до 1000
	VI	Високі гори	> 20	r > 20	> 1000

На рис.1а. представлена ЦМР у вигляді ізоліній типу плоскої нерозчленованої рівнини. Загальна кількість вихідних точок для побудови ЦМР складає 260 точок. На ЦМР є наявність зайвих ізоліній в місці з великим закладенням горизонталей, через недостатню кількість набраної інформації, що легко усувається набором додаткових точок.

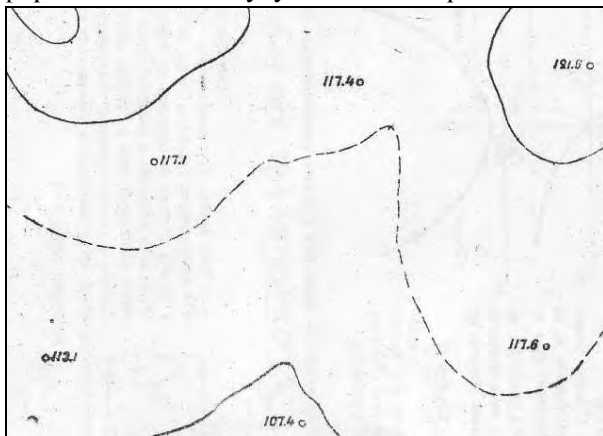


Рис. 1. Тип рельєфу плоска нерозчленована рівнина

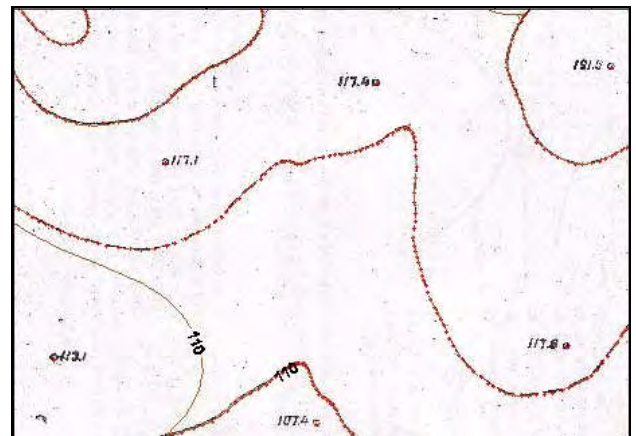


Рис. 1а. ЦМР у вигляді ізоліній типу плоскої нерозчленованої рівнини

До другого класу першого типу відноситься - рідке долинне розчленування, що не охопило вододілів (рис. 2). Йому притаманне неглибоке ерозійне розчленування, яке характерне відсутністю транзитних рік і наявністю сухих замкнутих западин. Загальна кількість вихідних точок для побудови ЦМР понад 1100. ЦМР, що зображена на рис.2а., відтворена з найгіршою точністю лише біля річки і в правій частині зображення. Цих неточностей можна позбутися, якщо вздовж річки проінтерполювати і добрати певну кількість відміток. Це ж і стосується горизонталей в правій частині зображення.

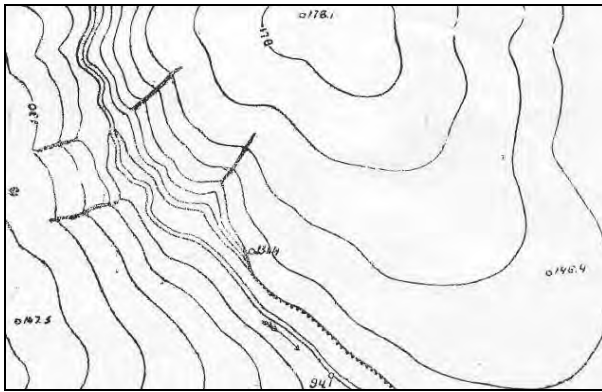


Рис. 2. Тип рідке долинне розчленування, що не охопило вододіли (III клас)

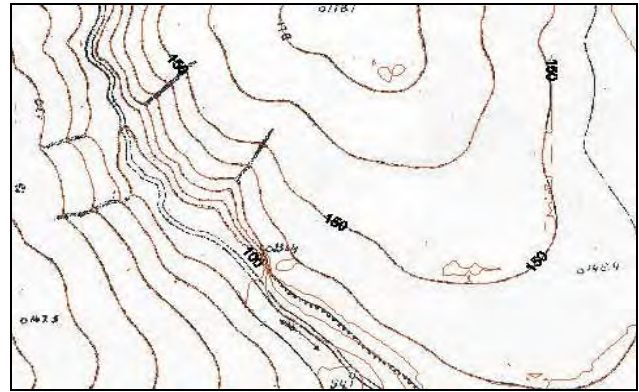


Рис. 2а. ЦМР у вигляді ізоліній типу рідке долинне розчленування, що не охопило вододіли (III клас)

II-ий тип рельєфу – це густе долинне розчленування, що охопило вододіли (рис. 3). Такий тип рельєфу характеризується частим долинним розчленуванням, причому вододіли є залежними від цього розчленування. Тому, основною рисою рельєфу третього типу є те, що вершини долин сусідніх басейнів заходять один за один, не залишаючи на вододілах нерозчленованих ділянок. Описуваний тип рельєфу звичайно розповсюджений на схилах значних вододільних височин і поблизу долин великих рік, тобто в ділянках з добре розвинутою долинною мережею.

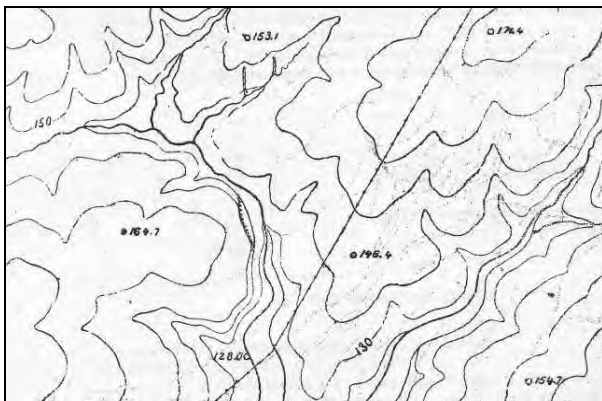


Рис. 3. Тип густе долинне розчленування, що охопило вододіли (II клас)

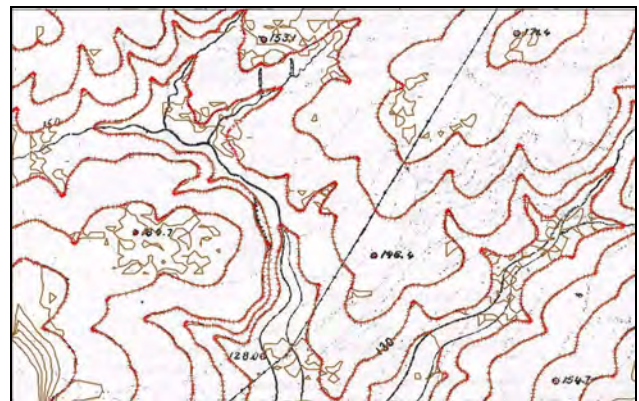


Рис. 3а. ЦМР типу густе долинне розчленування, що охопило вододіли (II клас)

Загальна кількість вихідних точок для побудови ЦМР близько 2000 точок. ЦМР типу густе долинне розчленування, що охопило вододіли (рис.3а), побудована з низькою точністю в долинах річок і на вершинах. Тому при створенні ЦМР даного типу слід звернути увагу на ці проблемні ділянки, ретельно добирати додаткову інформацію в долинах річок і в місцях великого закладення горизонталей, а також на вододілах

Долинно-яровий і балково-яровий, що не охопив вододіли – це третій тип, який відноситься до II і III класу, зображений на рис. 4. Основною особливістю рельєфу даного типу є наявність рідкої ярової і балкової мережі, що створює хвилястий характер місцевості. Іншою рисою рельєфу цього типу є вторинна розчленованість схилів балок і долин рідкою яровою мережею, що не захопила вододілів.

Загальна кількість вихідних точок для побудови ЦМР становить понад 600 точок. Недоліками ЦМР (рис. 4а) долинно-ярового і балково-ярового типу рельєфу, що не охопив вододіли, є знову ж таки долина річки і спотворене відтворення балок та ярів.

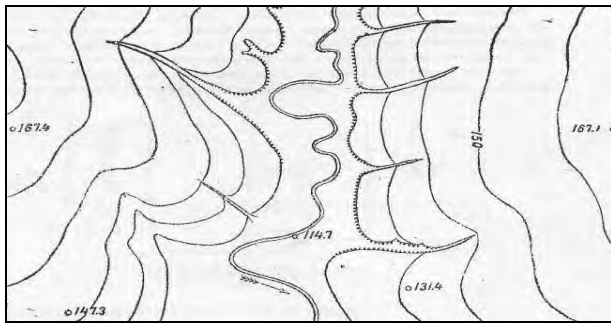


Рис. 4. Долинно-яровий і балково-яровий тип рельєфу, що не охопив вододіли (II клас)

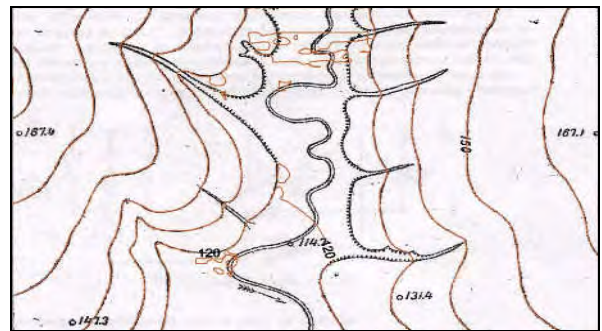


Рис. 4а. ЦМР Долинно-ярового і балково-ярового типу рельєфу, що не охопив вододіли (II клас)

На відміну від долинно-ярового і балково-ярового типу рельєфу, що не охопив вододіли, тип долинно-яровий і балково-яровий, що охопив вододіли (рис. 5.) характеризується більшою згущеністю долинно-балкової мережі і більш густою розчленованістю ярами, що охопили вододіли. Поширення площ даного типу рельєфу, загалом, невелике. Характерним є наявність близька один від одного розташованих долин або балок, схили яких часто порізані ярами. На рисунку добре видно, що вершини ярів, що належать до басейну однієї долини, на вододілах заходять за вершини ярів долин сусідніх басейнів. Ця обставина створює розчленованість вододільних просторів, що змушує вододільну лінію примхливо вигинатися, підкоряючись характерові ярової зрізаності.

На рис. 5а. побудована ЦМР долинно-ярового і балково-ярового типу рельєфу, що охопив вододіли. Загальна кількість вихідних точок для побудови ЦМР понад 2000 точок. Як ми бачимо горизонталі відображені ідеально, але за браком інформації і наявністю частого розчленування поверхні ярами і балками є безліч гібридних ізоліній на вершинах і в долині ріки..

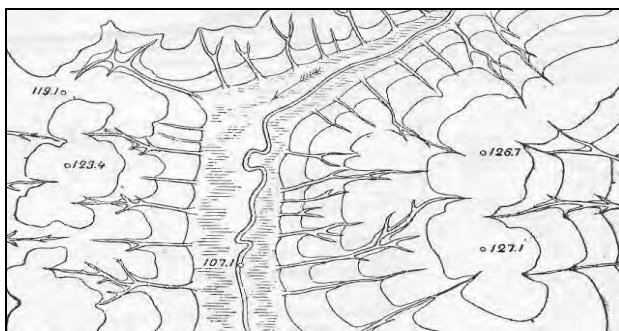


Рис. 5. Долинно-яровий і балково-яровий тип рельєфу, що охопив вододіли (II клас)

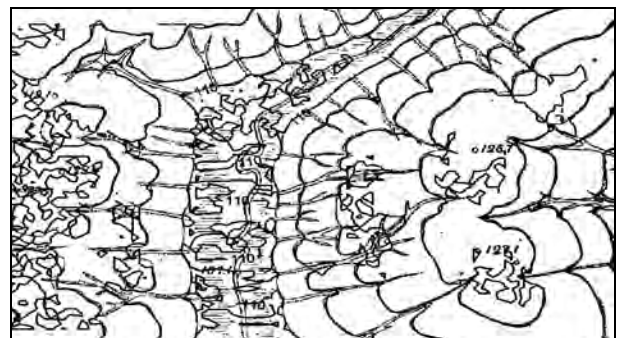


Рис. 5а. ЦМР долинно-ярового і балково-ярового типу рельєфу, що охопив вододіли (II клас)

До типу рівнинних просторів віднесений рельєф з низькою і мало розгалуженою яровою мережею (рис. 6). Ці яри розташовуються один від одного на досить значних відстанях.

Зі специфічних рис описуваного типу рельєфу, можна насамперед, відмітити, що місцевість, порізана ярами, являє собою рівну, або дуже слабо похилу поверхню землі. Таким чином, вододіли між ярами в даному типі рельєфу є також доволі плоскими ділянками.

Іншою, не менш важливою обставиною, що характеризує морфологію даного типу рельєфу, є те, що ярова мережа тут порівняно мало розгалужена.

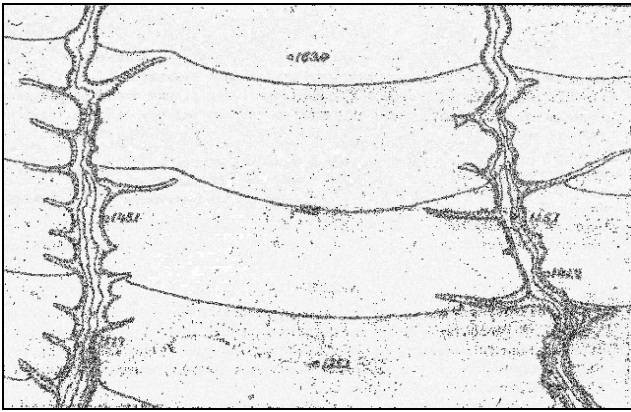


Рис.6. Яровий тип рельєфу з низькою і мало розгалуженою мережею, що не охопила вододіли (III клас)

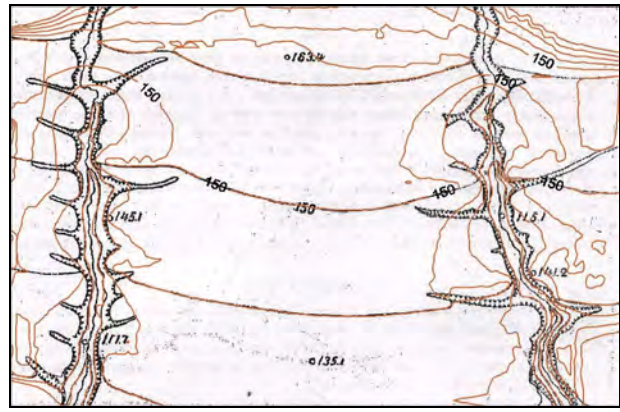


Рис.6а. ЦМР ярового типу рельєфу з низькою і мало розгалуженою мережею, що не охопила вододіли (III клас)

Загальна кількість вихідних точок для побудови ЦМР становить понад 700 точок. ЦМР ярового типу рельєфу з низькою і мало розгалуженою мережею, що не охопила вододіли, на рис.6а. створює гібридні ізолінії на ярах, тому що горизонталі проведені і всередині ярів перпендикулярно до основних горизонталей. Якщо застосувати комбінацію методів моделювання, зокрема, на гладкій поверхні метод Крайгінга, а в ярах метод триангуляції, то побудована ЦМР відповідає вихідній інформації.

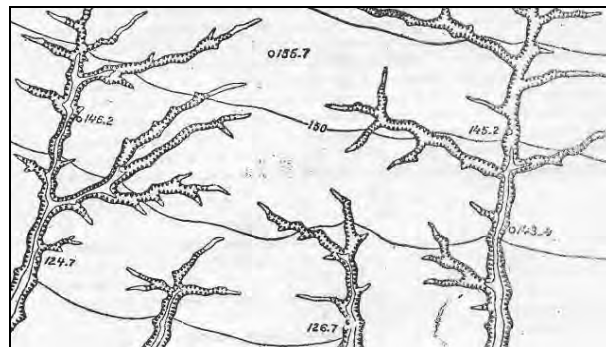


Рис.7. Яровий тип рельєфу з високорозвинуеною мережею (III клас)

На рис. 7 наведено приклад ярового типу рельєфу з високорозвинуеною мережею. Як виявляється з самого визначення цього типу рельєфу, він характеризується сильною розгалуженістю ярової мережі, що настільки глибоко захопила вододіли, що з'явилася причиною хвилястості вододільних ліній.

Цей тип має рівнинну місцевість і яри, що прорізають її, мають значну глибину. Майже на рівній місцевості нерідко зустрічаються яри глибиною до 70—80м. Яровий тип рельєфу з високорозвинуеною мережею схожий за своїми морфологічними характеристиками з яровим типом рельєфу з низькою і малорозгалуженою мережею, що не охопила вододіли. Тому застосування методів побудови ЦМР є аналогічні. Відмінність між цими типами полягає в трудомісткості.

Рідкогорбистий тип рельєфу (рис. 8) характеризується рідкою розкиданістю окремих пагорбів на рівнинній місцевості. Найважливішою ознакою описуваного рельєфу є те, що площі пагорбів менші (або рівні) площі міжвисочинних просторів.

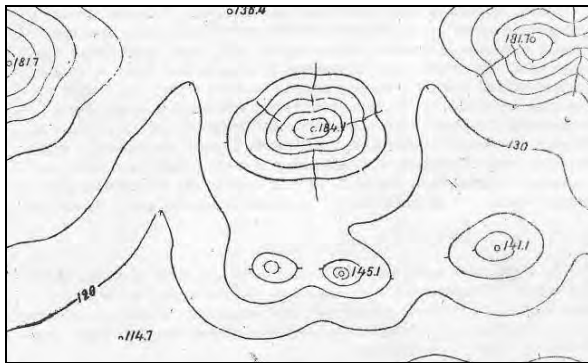


Рис. 8. Рідкогорбистий тип рельєфу (III клас)

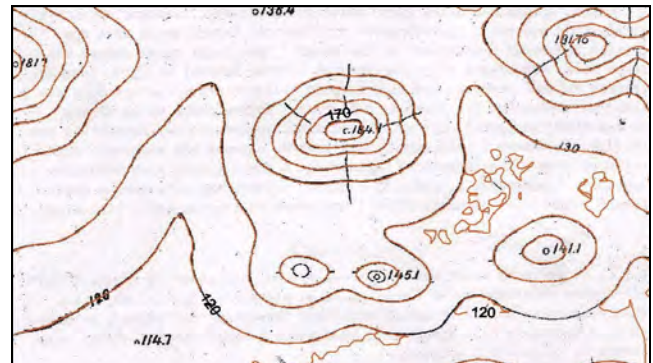


Рис. 8а. ЦМР рідкогорбистого типу рельєфу (III клас)

В побудові ЦМР рідкогорбистого типу рельєфу (рис.8а) слід приділити увагу набору додаткової інформації в місцях, де є великі закладення горизонталей. Загальна кількість вихідних точок для побудови ЦМР понад 1000 точок.

Частогорбистий тип рельєфу характерний тим, що окремі пагорби близько розташовані один до одного причому площі пагорбів або рівні, або перевершують площі міжвершинних просторів.

На рис.9. представлений частогорбистий рельєф з невисокими (до 15—20 м) пагорбами. Міжвершинні рівнинні площі настільки невеликі, що майже губляться серед близько розташованих пагорбів, і про те, що тут місцевість являє собою рівнину з часто насадженими пагорбами, можна судити лише по загальному характеру рельєфу. А на рис. 9а. представлена його ЦМР, на якій спостерігаємо значні відхилення від істинних ізоліній. Кількість вихідних точок для побудови ЦМР становить понад 1000 точок. В даному випадку потрібно добирати значну кількість додаткової інформації. Додані точки в характерних місцях рельєфу значно покращують його відтворення, що з точністю 1/4-1/5 перерізу рельєфу відповідає вихідному зображенню.

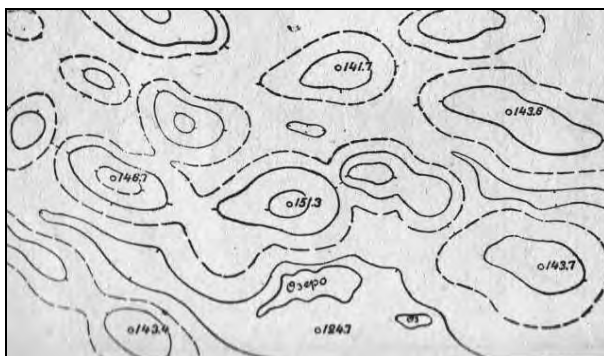


Рис. 9а. Частогорбистий тип рельєфу (II клас)

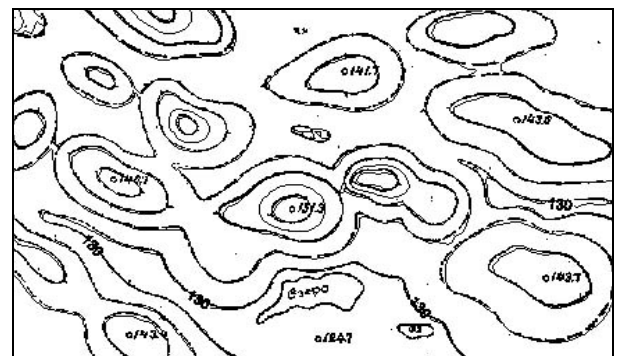


Рис. 9б. ЦМР Частогорбистого типу рельєфу (II клас)

Рідкогрядовому типу рельєфу (рис.10) притаманна наявність рідких, витягнутих, в одному якому-небудь напрямку вузьких височин (гряд). Площі, що займають ці гряди, значно менші площ міжгрядових рівнинних просторів.

Рельєф цього типу зустрічається досить рідко.

Загальна кількість вихідних точок для побудови ЦМР (рис.10а) складає понад 1100 точок. Утворення гібридних ізоліній є лише в місцях великого закладення горизонталей, що усувається набором додаткових точок.

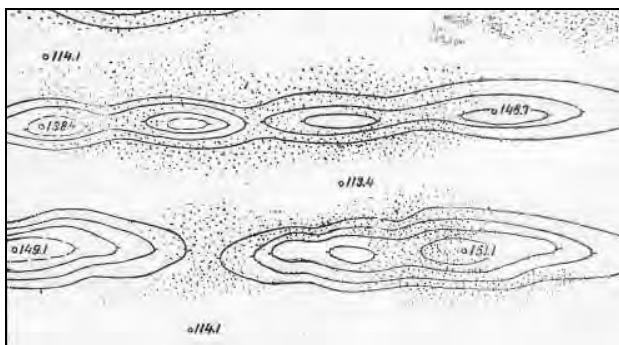


Рис. 10. Рідкогрядовий тип рельєфу (III клас)

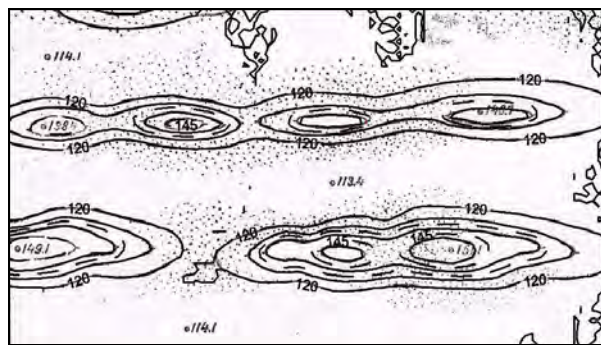


Рис. 10а. ЦМР рідкогрядового типу рельєфу (III клас)

Частогрядовий рельєф (рис. 11) є останнім типом рівнинної місцевості. На відміну від рідкогрядового рельєфу, він характеризується розвитком близько розташованих один до одного гряд, причому площа міжгрядового простору виявляється менше (або рівною) площі гряд.

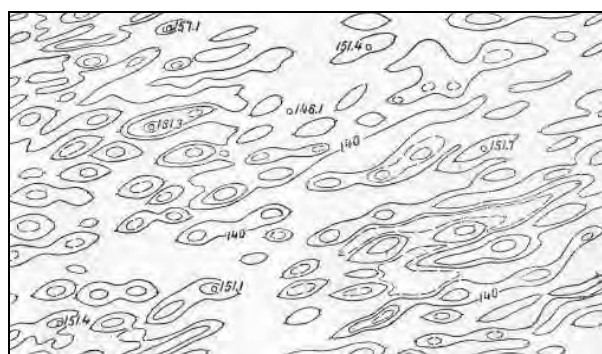


Рис.11. Частогрядовий тип рельєфу

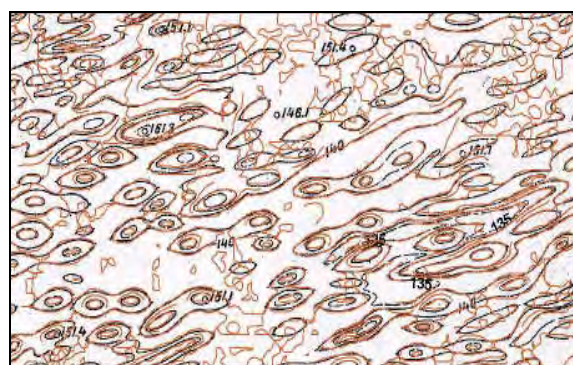


Рис.11а. ЦМР частогрядового типу рельєфу

Загальна кількість вихідних точок для побудови ЦМР становить близько 5500 точок. Побудована ЦМР частогрядового типу рельєфу (рис.11а) є далекою до ідеального відтворення. Біля цього типу рельєфу є велика і клопітка робота з набором додаткових точок.

Низькі гори з м'якими формами (рис.12) відносяться до IV класу і характеризуються частотою розчленованістю, але м'якими формами рельєфу, обумовленими округлістю вершин і, у тій або іншій мірі, згладженістю схилів. Подібні форми зобов'язані своїм походженням процесам денудації.

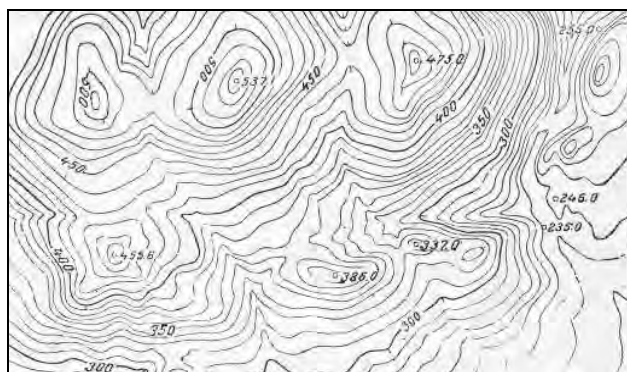


Рис. 12. Тип рельєфу низькі гори з м'якими формами

Низькі гори з різкими формами є різко і часто розчленованими височинами, що характеризуються загостреними вершинами (піками) і гострими гребенями хребтів, стрімкими, стрімчастими схилами і сильною роздробленістю.

Різкість форм є результатом видалення продуктів фізичного вивітрювання гірських порід, що складають гори. Це видалення здійснюється або за допомогою впливу поталих снігових і дощових вод, або шляхом скоочування вниз шматків породи, що відриваються від корінного масиву гори, внаслідок вивітрювання. Перемістившись цими способами, уламковий матеріал звичайно накопичується в основі схилів, у вигляді осипів, розсипів і кам'яних потоків.

На рис.13. наведено зображення низьких гір з різкими формами рельєфу. Тут звертає на себе увага наявність тих характерних рис, про які була сказано раніше: частота розчленовування, гострота форм вершин, наявність досить значної кількості уламків породи, що обвалилася, у основі й ін. Крутість схилів (внаслідок швидкого видалення продуктів вивітрювання) служить причиною відсутності рослинності, що додає місцевості похмурий і трохи дикий вигляд. Зважаючи на вище сказану характеристику даний тип рельєфу відтворений у ЦМР досить добре. Лише в місцях обвалів кам'яних порід є значні спотворення. Загальна кількість вихідних точок для побудови ЦМР понад 3500 точок. Додані точки в характерних місцях рельєфу значно покращують його відтворення, що з точністю 1/2-1/3 перерізу рельєфу відповідає вихідному зображенню.

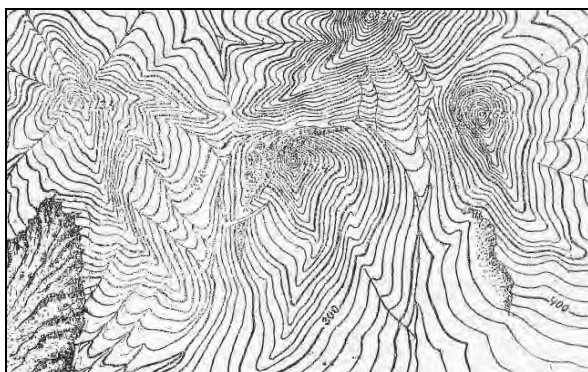


Рис. 13. Тип рельєфу низькі гори з різкими формами



Рис. 13а. ЦМР типу низькі гори з різкими формами рельєфу

Середньовисотні гори з м'якими формами (рис.14) та середньовисотні гори з різкими формами (рис. 15) по характеру майже аналогічні низьким горам. Відмінність полягає у величинах амплітуд відносних перевищень. Тому зображення ЦМР типу середньовисотні гори з різкими формами не приводимо.

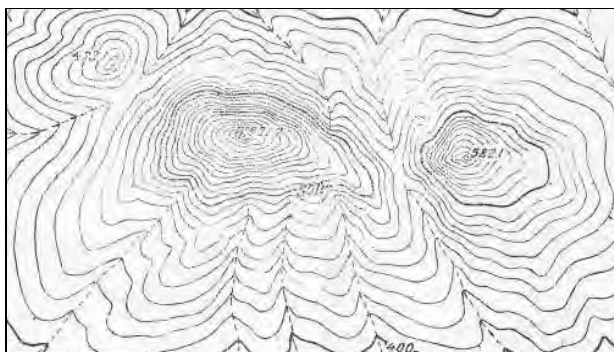


Рис.14. Тип рельєфу середньовисотні гори з м'якими формами



Рис.14а. ЦМР типу середньовисотні гори з м'якими формами

ЦМР типу середньовисотні гори з м'якими формами (рис.14а) відтворена, можна сказати, з ідеальною точністю. До цього типу рельєфу не потрібно застосовувати допоміжні заходи. Загальна кількість вихідних точок для побудови ЦМР складає 7000 точок.

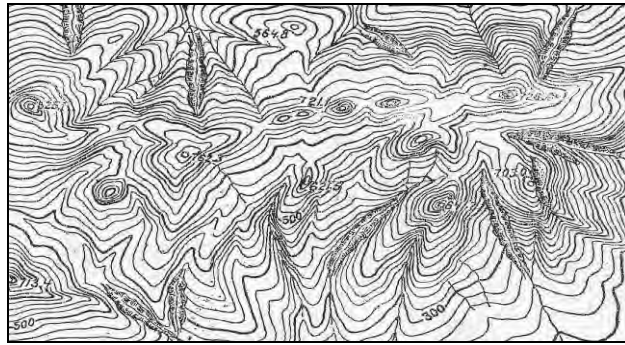


Рис.15. Тип рельєфу середньовисотні гори з різкими формами

Середньовисотні гори з альпійськими формами характеризуються альпійським льодовиково-ерозійним розчленуванням з наявністю таких форм рельєфу, що свідчать про недавнє місцеве заledenіння.

У такий спосіб походження гір цього типу зобов'язане, основним чином, кліматичним особливостям гірської місцевості.

На рис.16., що зображує цей тип гір, добре видна, передусім, загальна різкість і розчленованість рельєфу, що виявляється у формі вершин, хребтів (шпилясті, гострі, зубцюваті) і крутих, стрімких схилів.

Загальна кількість вихідних точок для побудови ЦМР типу середньовисотні гори з альпійськими формами (рис.16а) становить близько 5400 точок. На побудованій за ізолініями ЦМР є наявність гібридних ізоліній на хребтах, стрімких схилах. Додані точки в характерних місцях рельєфу значно покращують його відтворення, що з точністю 1/4-1/5 перерізу рельєфу відповідає вихідному зображенню.



Рис.16. Тип рельєфу середньовисотні гори з альпійськими формами

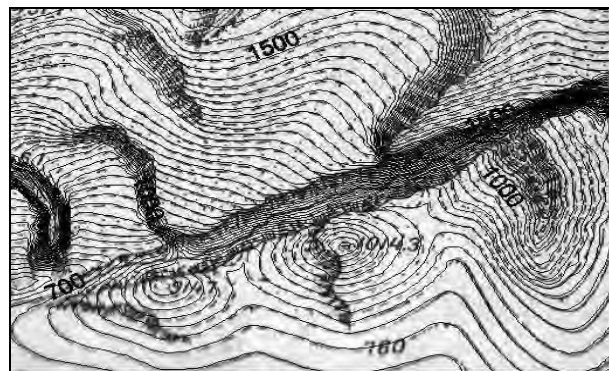


Рис.16а. ЦМР типу середньовисотні гори з альпійськими формами

До типу гір з різким альпійським розчленуванням відносяться великі тектонічні гірські підйоми з різким альпійським (гляціально-ерозійним) розчленуванням (рис.17). По морфологічних рисах рельєф цих гір подібний з рельєфом описаних вище альпійських середньовисотних гір (див. рис.16.). Розходження між ними полягає, головним чином, у більш значних величинах амплітуд відносних висот. Тому рекомендації, щодо побудови ЦМР за ізолініями будуть аналогічними.

З інших рис альпійського рельєфу високих гір треба відзначити наявність цирків, карів і трогів.

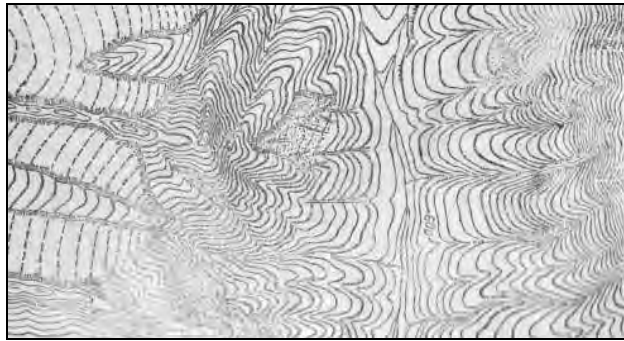


Рис.17. Тип рельєфу гори з різким альпійським розчленуванням

Висновки. Як виявлено в результаті експериментальних робіт, які полягали у побудові цифрових моделей рельєфу на базі картометричної інформації, особливе значення має не навантаження карти інформацією, а характер рельєфу.

За результатами досліджень можна зробити висновок, що з найнижчою докладністю відтворюються такі типи рельєфу: густа долинно-балкова і добре розвинута ярова мережа, що охопила вододільні простори; ярове розчленування з високорозвиненою мережею; частогорбистий рельєф; частогрядовий рельєф; середньовисотні, гори з альпійськими формами; високі гори з різким альпійським розчленуванням.

Ці типи рельєфу для точного його відтворення вимагають задання інформації не тільки на ізолініях та характерних точках, але й у місцях ярових розчленувань, промоїн, гляціально-ерозійних форм та застосування комбінації методів математичного моделювання.

1. *Ананьєв С.М., Мойсеєнко О.О. Цифрові моделі рельєфу як засоби опису структури земної поверхні // Геоінформатика.- 2002. -№2. -с.44-48.*
2. *Башенина Н.В. Формирование современного рельефа земной поверхности (общая геоморфология). М.: "Высшая школа", 1967. – 388с.*
3. *Бойко А.В. Методы и средства автоматизации топографических съемок. –М.: Недра, 1980. -222с.*
4. *Буришинська Х., Гукасов А. Методика побудови цифрових моделей рельєфу для розв'язання гідрологічних задач // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва.- Львів: Ліга-прес. -2005. -с. 263-267.*
5. *Воляник Н.В. Геоморфология и геология: Текст лекций. – Ростов на/Дону: Рост. инж.-строит. ин-т., 1982. –55с.*
6. *Воскресенский С.С. Динамическая геоморфология. Формирование склонов. М.: Изд-во МГУ, 1971.- 228 с.*
7. *Единые нормы выработки (времени) на геодезические и топографические работы. Эталоны категорий трудности Госкомтруд СССР, ВЦСПС, ГУГК. -М.:Недра, 1983. - 207с.*
8. *Живаго Н. В., Пиотровский В.В. Геоморфология с основами геологии. –М.: Недра, 1971. -288с.*
9. *Калеснік С.В. Основи загального землезнавства. –К.: Радянська школа, 1949. -464с.*
10. *Костенко Н.Н. Геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1985. - 312 с.*
11. *Кравець. Дослідження ерозійних процесів з використанням цифрових моделей рельєфу // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва.- Львів: Ліга-прес. -2003. -с. 292-294.*
12. *Леонтьев О.К., Рычагов Г.И. Общая геоморфология. – М.: Высшая школа, 1988.*
13. *Макеев З.А. Основные типы рельефа земной поверхности в изображении на картах. – М.: Геодезиздат, 1945. – 154с.*
14. *Махачек Ф. Рельеф Земли. – М.: Издательство иностранной литературы, 1959. – 624с.*
15. *Панов Д.Г. Общая геоморфология. –М.: Высшая школа, 1966. -428с.*
16. *Пиотровский В.В. Геоморфология с основами геологии. –Р.: Издательство геодезической литературы, 1961. -264с.*
17. *Салищев К.А. Основы картоведения. Общая часть. –М.:Издание Редбюро ГУГК при СНК СССР, 1939.*
18. *Щукин И.С. Общая геоморфология. М.: Изд-во МГУ, т.2, 1964, - 564 с.*