

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC TP. HỒ CHÍ MINH

KHOA XÂY DỰNG

BỘ MÔN THI CÔNG

TS. NGUYỄN ANH TÀI

TÀI LIỆU HỌC TẬP

TRẮC ĐỊA XÂY DỰNG



TP. HCM tháng 9 năm 2021

TaiLieu.vn

Mở đầu: Vai trò-Lịch sử phát triển

I. Vai trò của môn học Trắc địa

I.1. Khái quát về trắc địa:

I.1.1. Định nghĩa:

Trắc địa là môn khoa học về trái đất có nhiệm vụ xác định hình dạng và kích thước của quả đất và thể hiện một phần bề mặt trái đất dưới dạng bản đồ, bình đồ mặt cắt

I.1.2. Phân cấp chuyên ngành Trắc địa:

Tùy theo phạm vi và mục đích đo vẽ, Trắc địa còn chia ra nhiều ngành hẹp :

- **Trắc địa cao cấp** : nghiên cứu hình dạng và kích thước quả đất, nghiên cứu sự chuyển động ngang và chuyển động đứng của lớp vỏ quả đất, xác định tọa độ và cao độ các địa điểm trắc địa cơ bản của mỗi quốc gia để làm cơ sở cho việc thành lập bản đồ cho riêng mỗi nước. Vì khu vực đo vẽ rất rộng lớn nên phải xét đến độ cong của mặt đất.

- **Trắc địa phổ thông** : nghiên cứu việc đo vẽ bản đồ một khu vực nhỏ trên mặt đất, vì khu vực nhỏ nên có thể mặt đất ở đây như là mặt phẳng, do đó việc tính toán sẽ đơn giản hơn.

- **Trắc địa công trình** : nghiên cứu việc xây dựng lưới trắc địa cơ sở để phục vụ thiết kế và thi công công trình, lập bình đồ tỷ lệ lớn và mặt cắt để phục vụ công tác thiết kế, hướng dẫn thi công lắp ráp phần vỏ và ruột công trình, lập bản vẽ nghiệm thu, quan sát sự biến dạng của công trình.

- **Trắc địa ảnh** : nghiên cứu các phương pháp chụp ảnh và khai thác các ảnh chuyên để thành lập bản đồ địa hình.

- **Bản đồ học** : nghiên cứu việc thành lập các loại bản đồ chuyên đề.

I.2. Nhiệm vụ và vai trò của môn học:

I.2.1 Đối với xã hội

Thành quả của môn học Trắc địa có ý nghĩa khoa học và thực tiễn rất lớn đối với nền kinh tế quốc dân.

Các loại bản đồ, bình đồ là cơ sở để thể hiện kết quả nghiên cứu của các ngành địa chất, địa lý, địa vật lý, địa mạo ... các loại bản đồ địa hình rất cần thiết cho các công tác qui hoạch, phân bố lực lượng lao động, thăm dò khai thác và sử dụng tài nguyên thiên nhiên, cần thiết cho việc thiết kế các loại công trình, qui hoạch đất đai, tổ chức sản xuất nông nghiệp, xây dựng hệ thống tưới tiêu trên đồng ruộng.

Các loại bản đồ địa hình rất cần thiết cho công tác thăm dò, sử dụng và quản lý các tài nguyên thiên nhiên. Công tác tổ chức quản lý và khai thác các nguồn tài nguyên thiên nhiên

của một quốc gia. Đồng thời Bản đồ cũng đóng vai trò quan trọng trong công tác an ninh quốc phòng, bảo đảm tính toàn vẹn của lãnh thổ, lãnh hải...

1.2.2. Nhiệm vụ của Trắc địa trong Xây dựng

Trắc địa phải đi đầu trong việc khảo sát, thi công, lắp ráp, và nghiệm thu các công trình xây dựng.

Đối với ngành xây dựng, trắc địa luôn giữ vị trí quan trọng hàng đầu, để thực hiện được một công trình trên mặt đất, công việc phải lần lượt trải qua 5 giai đoạn qui hoạch, khảo sát, thiết kế, thi công và nghiệm thu:

- ***Ở giai đoạn qui hoạch*** : người kỹ sư phải sử dụng những bản đồ tỷ lệ nhỏ, trên đó sẽ vạch ra các phương án xây dựng công trình, vạch ra kế hoạch tổng quát nhất về khai thác và sử dụng công trình.

- ***Ở giai đoạn khảo sát***: người kỹ sư phải biết đề xuất các yêu cầu đo vẽ bản đồ tỷ lệ lớn tại những khu vực ở giai đoạn qui hoạch dự kiến xây dựng công trình.

- ***Ở giai đoạn thiết kế***: người kỹ sư phải có kiến thức về Trắc địa để tính toán thiết kế các công trình trên bản đồ, vẽ các mặt cắt địa hình.

- ***Ở giai đoạn thi công***: người kỹ sư phải có kiến thức và kinh nghiệm về công tác trắc địa để đưa công trình đã thiết kế ra mặt đất, theo dõi tiến độ thi công.

- ***Ở giai đoạn nghiệm thu và quản lý công trình***: là giai đoạn cuối cùng, người kỹ sư phải có hiểu biết về công tác đo đạc kiểm tra lại vị trí, kích thước của công trình đã xây dựng, áp dụng một số phương pháp trắc lượng để theo dõi sự biến dạng của công trình trong quá trình khai thác và sử dụng.

Công tác Trắc địa đối với Kỹ sư Xây dựng:

Trong xây dựng có thể lập các tổ thực hiện công tác đo đạc theo các hình thức sau:

- + **Đội hoặc tổ Trắc địa chuyên nghiệp** trực thuộc ban chỉ huy công trường, thực hiện tất cả các công tác Trắc lượng, Kỹ sư Xây dựng có nhiệm vụ duyệt kế hoạch, dự toán chi phí và kiểm tra qui trình thực hiện công tác Trắc địa của đơn vị.

Hình thức này thường được áp dụng cho những công trình lớn, phức tạp như khu công nghệ, khu trạm thủy điện ...

- + **Đội hoặc tổ trắc địa chuyên nghiệp** thực hiện các dạng công tác Trắc địa phức tạp, còn Kỹ sư và Trung cấp Xây dựng tiến hành công tác Trắc lượng đơn giản hơn, đồng thời có nhiệm vụ như những mục trên.

Hình thức này thường được áp dụng cho những công trình xây dựng nhà ở trong thành phố.

+ Tất cả các công tác Trắc địa đều để Kỹ sư hay Trung cấp Xây dựng đảm nhận. Hình thức này chỉ áp dụng cho các công trình xây dựng đơn giản, nhỏ.

Tùy theo từng cương vị đảm nhận mà người Kỹ sư Xây dựng có những nhiệm vụ khác nhau như dạng đề cương, dự trù kinh phí, tiến hành công tác đo kiểm tra, nghiệm thu hoặc trực tiếp làm công tác đo.

Vì thế, khi còn đi học, Sinh viên ngành Xây dựng phải trang bị những kiến thức tối thiểu để có thể tự mình tiến hành đo vẽ bình đồ khu vực một công trình xây dựng loại nhỏ, tiến hành công tác bố trí công trình với độ chính xác vừa, đồng thời phải thông hiểu ý nghĩa nội dung của công tác đo vẽ cơ bản trong xây dựng để có đủ khả năng tham gia vào duyệt đề cương, kế hoạch thực hiện, dự trù kinh phí và theo dõi công tác của các đơn vị Trắc địa chuyên nghiệp.

Các dạng công tác Trắc địa trong Xây dựng:

Các giai đoạn khảo sát thiết kế, thi công và vận hành công trình đều cần tới công tác trắc địa hoặc những thành quả của nó.

+ Các công tác đều được xây dựng theo căn bản thiết kế. Nếu sử dụng các bản thiết kế định hình thì công tác thiết kế tiến hành thành hai giai đoạn: thiết kế nhiệm vụ và bản vẽ thi công.

Để lập bản thiết kế nhiệm vụ phải tiến hành khảo sát kinh tế kỹ thuật, trong đó có khảo sát Trắc địa mà chủ yếu là việc lập bình đồ tỷ lệ lớn 1/10.000; 1/5.000, để lập thiết kế kỹ thuật và bản vẽ phải có bình đồ tỷ lệ 1/2000; 1/1000.

+ Trong công tác qui hoạch, có qui hoạch mặt bằng và qui hoạch độ cao. Qui hoạch mặt bằng được tiến hành bằng phương pháp giải tích dựa vào các công trình đã có, trong đó độ cao và tọa độ các góc nhà và công trình được xác định từ các mốc trắc địa. Phương pháp đồ giải dựa vào các số liệu đo trực tiếp trên bình đồ địa hình. Qui hoạch độ cao và tính toán khối lượng đào đắp được tiến hành trên bình đồ và mặt cắt địa hình.

+ Trắc địa thi công công trình được tiến hành theo hai giai đoạn:

- Thi công trực chính và trực cơ bản.
- Thi công các trục phụ và các yếu tố thành phần công trình.

Các trục chính và trục cơ bản được bố trí dựa vào các mốc trắc địa. Các trục này về sau sẽ là cơ sở để thi công các trục phụ và các chi tiết công trình. Cần chú ý là chất lượng thi công phụ thuộc rất lớn vào công tác đo đạc.

+ Sau khi hoàn thành công trình cần tổ chức đo vẽ nghiệm thu để lập tổng bình đồ hoàn công cần thiết cho việc vận hành công trình.

+ Việc quan sát biến dạng công trình (lún) bằng các phương pháp Trắc địa phải tiến hành một cách có hệ thống từ lúc đào móng cho đến quá trình vận hành.

II. Lịch sử phát triển của ngành trắc địa:

II.1. Trên thế giới:

Sự phát sinh và phát triển của ngành trắc địa gắn liền với quá trình phát triển của xã hội loài người. Trước CN người Ai cập thường phải phân chia lại đất đai sau những trận lũ lụt của sông Nil, xác định lại ranh giới giữa các bộ tộc, do đó người ta đã sáng tạo ra phương pháp đo đất.

Thuật ngữ Trắc địa theo tiếng Hy Lạp (geodesie) cũng có nghĩa là phân chia đất đai và khoa học về Trắc địa ra đời từ đó.

Trải qua nhiều thời đại, cùng với những phát minh phát triển không ngừng của khoa học và kỹ thuật, môn học về trắc địa ngày càng phát triển.

Trong những thập kỷ gần đây, những thành tựu mới về khoa học kỹ thuật đã làm cho ngành trắc địa có một bước phát triển mạnh, thay đổi về chất: những kỹ thuật thăm dò từ xa (viễn thám) đã cho phép thành lập bản đồ từ ảnh chụp máy bay, vệ tinh...

Việc dùng máy tính điện tử để giải các bài toán trắc địa có khối lượng lớn, việc sử dụng các ảnh chụp từ vệ tinh hay các con tàu vũ trụ để thành lập bản đồ địa hình là những thành tựu mới nhất của khoa học được áp dụng trong ngành trắc địa.

II.2. Trong nước:

Ở nước ta ngành trắc địa đã phát triển từ lâu, nhân dân ta đã áp dụng những hiểu biết về trắc lượng vào sản xuất, quốc phòng: những công trình xây dựng cổ như thành Cổ Loa là một minh chứng về sự hiểu biết trắc lượng của nhân dân ta.

Đầu thế kỷ 20 sau khi thôn tính và lập nền đô hộ, người Pháp đã tiến hành công tác đo vẽ bản đồ toàn Đông Dương nhằm mục đích khai thác tốt tài nguyên vùng này. Việc đo đạc được tiến hành rất qui mô, áp dụng các phương pháp đo khoa học và các máy móc đo có chất lượng cao, những bản đồ, những hồ sơ còn lưu trữ đã nói lên điều đó.

Trong thời kháng chiến chống thực dân, công tác trắc địa chủ yếu phục vụ cho mục đích quân sự như trắc địa pháo binh, công binh, trinh sát ... Sau khi cuộc kháng chiến thành công, nhà nước ta đã rất quan tâm đến công tác trắc địa, Cục đo đạc bản đồ nhà nước được ra đời năm 1959 đã đánh dấu một bước trưởng thành của ngành trắc địa Việt nam.

Tài liệu này được tổng hợp biên soạn từ nhiều nguồn khác nhau để phù hợp với CTĐT của Trường ĐH Kiến trúc TPHCM. Xin chân thành cảm ơn các tác giả có Tài liệu trích dẫn.

PHẦN I- TRẮC ĐỊA VÀ BẢN ĐỒ

Chương 1 Những kiến thức chung về Trắc địa và bản đồ

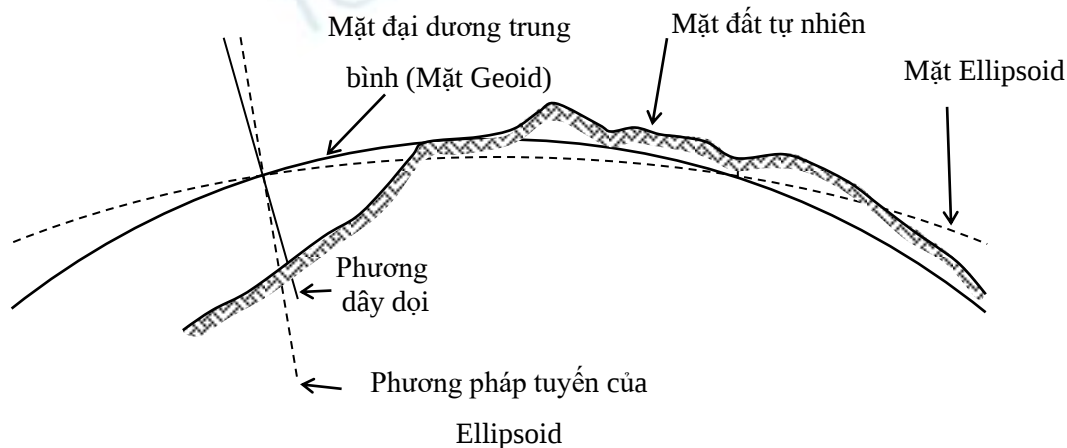
1.1. Hình dạng và kích thước trái đất.

Bề mặt tự nhiên của Trái Đất lồi lõm gồ ghề có tổng diện tích khoảng 510 triệu km^2 , trong đó bề mặt đại dương chiếm khoảng 71%, còn lại 29% là lục địa.

Độ cao trung bình của đất liền so với mặt nước biển khoảng 870m, trong khi đó độ sâu trung bình của đại dương đạt tới 3.800m. Chênh lệch giữa nơi cao nhất và nơi thấp nhất của vỏ Trái Đất xấp xỉ 20km. Do đó có thể coi hình dạng Trái Đất là hình dạng của bề mặt đại dương yên tĩnh.

Người ta quy ước lấy mặt nước trung bình yên tĩnh nhiều năm của đại dương, kéo dài xuyên qua các lục địa tạo thành một mặt cong khép kín làm mặt nước gốc Trái Đất, mặt này được nhà vật lý học người Đức I.B. Listing (1808-1882) gọi là mặt Geoid.

Đặc điểm của mặt nước gốc là tại mọi điểm, phương của đường pháp tuyến luôn trùng với phương dây dọi.

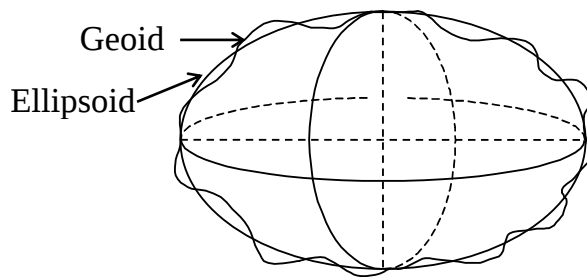


Hình 1. Mặt Geoid

Do sự phân bố vật chất trong lòng Trái Đất không đồng đều và không ổn định theo thời gian nên mặt Geoid có hình dạng không ổn định, không thể biểu thị bằng một mô hình toán học chính xác.

Để có thể giải được các bài toán trắc địa liên quan đến các công thức tính toán, người ta sử dụng mặt Ellipsoid tròn xoay, hơi dẹt ở hai cực thay cho mặt Geoid.

Khi chọn mặt Ellipsoid (E) thay thế cho mặt Geoid (G) cần phải thỏa mãn các điều kiện sau:

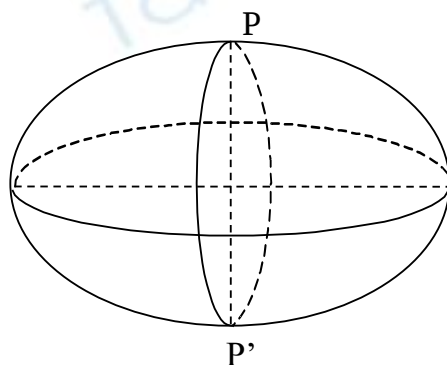


Hình 2. Mặt Ellipsoid

1. Trục quay E trùng trục quay G .
2. Tâm E trùng tâm G .
3. Thể tích E xấp xỉ thể tích G .
4. Tổng bình phương chênh cao giữa E và G phải nhỏ nhất.

Đặc điểm của mặt Ellipsoid là tại một điểm, phương của đường pháp tuyến có thể không trùng với phương dây dọi. Góc lệch giữa hai đường này gọi là góc lệch dây dọi.

Kích thước Ellipsoid Trái Đất được xác định bằng các yếu tố:



Hình 3. Kích thước Trái đất

- bán trục lớn a
- bán trục nhỏ b
- độ dẹt f

Trong đó:

$$f = \frac{a-b}{a} \quad (1.1-1)$$

Mỗi quốc gia sử dụng những Ellipsoid riêng của nước mình có kích thước được xác định dựa trên những kết quả đo đạc trên lãnh thổ nước đó hoặc kết hợp đo trên lãnh thổ của các nước lân cận.

Như vậy Ellipsoid của một quốc gia là Ellipsoid có kích thước nhất định và được định vị sao cho nó gần trùng nhất so với bề mặt Geoid trên lãnh thổ nước đó.

Ở nước ta từ trước đến năm 2000 sử dụng Ellipsoid của Liên Xô có tên Krasovsky.

Kích thước Ellipsoid này có những giá trị như sau:

$a = 6378245\text{m}$, $b = 6356863\text{ m}$ và $f = 1/298,3$

Hiện nay theo quyết định số 83/2000/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ ký ngày 12/07/2000 quy định sử dụng Hệ quy chiếu và Hệ tọa độ quốc gia mới thay thế Hệ quy chiếu và Hệ tọa độ quốc gia Hà Nội-72 với các nội dung sau đây :

1. Tên Hệ quy chiếu và Hệ tọa độ quốc gia mới: VN-2000.

2. Hệ quy chiếu và Hệ tọa độ quốc gia VN-2000 có các tham số chính như sau :

- Ellipsoid quy chiếu : Hệ quy chiếu quốc tế WGS-84 toàn cầu có kích thước như sau:

Bán trục lớn: $a = 6.378.137,000\text{ m}$; Độ dẹt: $f = 1/298,257223563$

- Điểm gốc tọa độ quốc gia: điểm N00 đặt trong khuôn viên Viện Nghiên cứu Địa chính, đường Hoàng Quốc Việt, Hà Nội;

- Lưới chiếu tọa độ phẳng cơ bản: lưới chiếu hình trụ ngang đồng góc UTM quốc tế;

- Chia múi và phân mảnh hệ thống bản đồ cơ bản : theo hệ thống lưới chiếu hình trụ ngang đồng góc UTM quốc tế, danh pháp tờ bản đồ theo hệ thống hiện hành có chú thích danh pháp UTM quốc tế.

- Tọa độ, độ cao các điểm trắc địa quốc gia các cấp hạng trong VN-2000 do Tổng cục Địa chính (nay là Bộ Tài nguyên và môi trường) tính toán và cấp cho các cơ quan, đơn vị có nhu cầu sử dụng theo quy định hiện hành.

- Vì độ dẹt của Trái Đất rất nhỏ nên trong tính toán ứng dụng có thể coi Ellipsoid Trái Đất có dạng hình cầu với bán kính trung bình $R=6371,1\text{ km}$.

1.2 Cách biểu thị mặt đất.

Muốn biểu thị mặt đất lên mặt phẳng để thành lập bản đồ hoặc bình đồ người ta phải thực hiện các công tác sau:

- Chiếu mặt đất lên mặt phẳng bằng các phép chiếu bản đồ

- Biểu thị địa vật theo hệ thống ký hiệu

- Biểu thị địa hình mặt đất.

1.2.1 Phép chiếu bản đồ

Để chiếu mặt đất lên mặt phẳng người ta sử dụng các phép chiếu bản đồ khác nhau. Phép chiếu bản đồ là sự biểu thị bề mặt trái đất trên mặt phẳng theo một qui tắc toán học nhất định (phương trình chiếu bản đồ), hiện nay người ta phân loại phép chiếu bản đồ theo các dấu hiệu như hình dạng lưới chiếu, sai số của phép chiếu, điểm hoặc vị trí tiếp xúc...Phân loại theo hình dạng lưới chiếu thì có các phép chiếu như sau:

Phép chiếu phương vị, Phép chiếu hình nón, Phép chiếu hình trụ đứng, Phép chiếu hình trụ ngang, Phép chiếu vuông góc...

Phân loại theo sai số biến dạng của phép chiếu người ta chia ra các loại phép chiếu như: Phép chiếu đồng góc; Phép chiếu đồng diện tích; Phép chiếu đồng khoảng cách.

Phép chiếu hình trụ ngang:

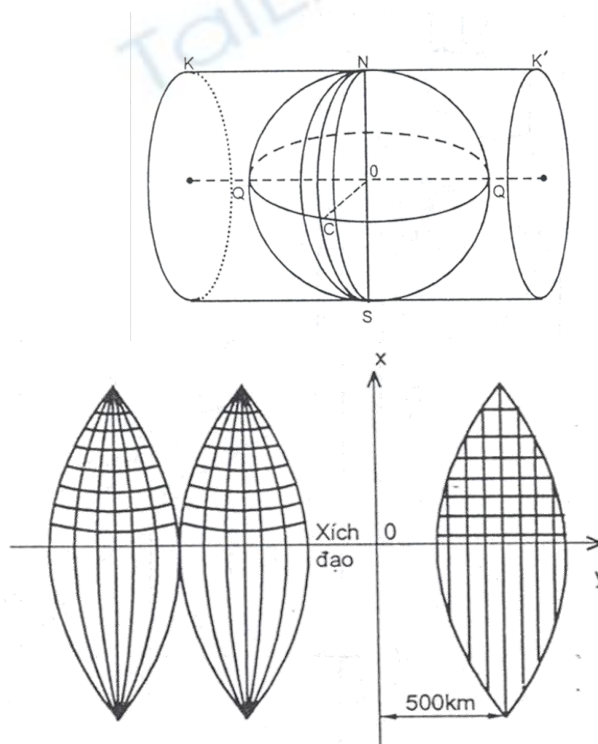
Phép chiếu này do nhà toán học người Đức là GAUSS đề xuất do đó còn có tên là phép chiếu GAUSS, sau này người ta phát triển phép chiếu này và đặt tên là UTM

- Phép chiếu GAUSS

Bề mặt Ellipsoid Trái Đất được chia thành từng múi chiếu có cùng kích thước với kinh sai ($\Delta\lambda$): 60 múi 6° hoặc 120 múi 3° . Số múi được tính bắt đầu từ kinh tuyến gốc tại Greenwich (Luân đôn-Vương quốc Anh).

Lãnh thổ Việt Nam nằm trên 3 múi 6° có kinh tuyến giữa là 105° , 111° và 117° . Đó là các múi 18, 19, 20.

Người ta lần lượt chiếu bề mặt Trái đất trong phạm vi một múi chiếu lên mặt trụ nằm ngang tiếp xúc Trái đất theo đường kinh tuyến giữa.



Hình 4. Nội dung và kết quả của phép chiếu GAUSS

Tính chất của phép chiếu:

- Phép chiếu không có biến dạng về góc .
- Kinh tuyến giữa là đường thẳng. Các kinh tuyến còn lại là đường cong, chiều lõm hướng về kinh tuyến giữa.
- Xích đạo là một đường thẳng, vuông góc với kinh tuyến giữa.
- Các vĩ tuyến khác là những đường cong, chiều lõm hướng về phía cực.

- Tỷ lệ độ dài không đổi trên kinh tuyến giữa và có giá trị bằng 1 (Hệ số biến dạng $k=1$).
- Tỷ lệ độ dài giống nhau trên các cặp đường thẳng song song và cách đều với kinh tuyến giữa.

Phép chiếu UTM (Universal Transverse Mercator):

Về nội dung phép chiếu UTM giống với phép chiếu Gauss, chỉ khác nhau ở chỗ là mặt trụ ngang có bán kính $R_{\text{trụ}} = 0,9996.R_{\text{Trái đất}}$ do đó mặt trụ cắt mặt đất tại hai cát tuyến (giao tuyến) đối xứng và cách kinh tuyến giữa 180km đối với múi chiếu 6° .

Tính chất của phép chiếu:

Phép chiếu không có biến dạng về góc .

Kinh tuyến giữa là đường thẳng. Các kinh tuyến còn lại là đường cong, chiều lõm hướng về kinh tuyến giữa.

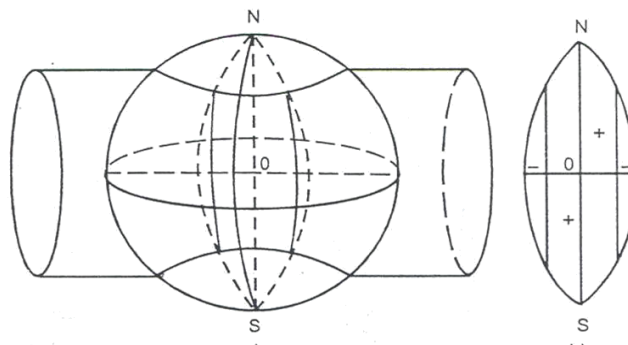
Xích đạo là một đường thẳng, vuông góc với kinh tuyến giữa.

Tỷ lệ độ dài tại kinh tuyến giữa nhỏ hơn 1 (Hệ số biến dạng $k = 0,9996$).

Ở Việt Nam, sử dụng hệ số biến dạng $k=0,9999$ đối với múi 3° cho bản đồ địa hình tỷ lệ lớn.

Tỷ lệ độ dài là không đổi ($k = 1$) trên hai cát tuyến song song đối xứng nhau và cách kinh tuyến giữa 180 km đối với múi chiếu 6° .

Hiện nay, bản đồ địa hình Việt Nam được thành lập trong Hệ VN-2000, với phép chiếu UTM theo kích thước Ellipsoid WGS-84 định vị phù hợp Việt Nam



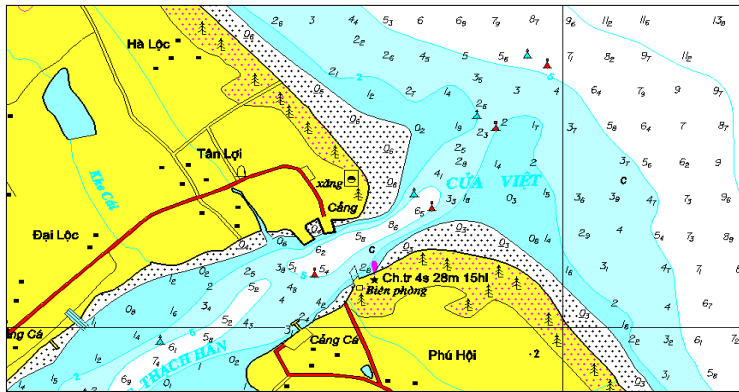
Hình 6. Nội dung và kết quả của phép chiếu UTM

1.2.2 Biểu thị địa vật theo hệ thống ký hiệu

Trên bản đồ địa vật được biểu thị hệ thống ký hiệu và các phương pháp biểu thị gọi chung là ngôn ngữ bản đồ. Ký hiệu bản đồ là sự thể hiện đồ họa bằng: điểm, đường, diện tích, hình dạng hình học, hình bằng chữ, hình có cấu trúc khác nhau, kích thước khác nhau, trình bày màu sắc khác nhau.

Người ta phân loại ký hiệu bản đồ theo các dấu hiệu như sau:

- Khả năng đo được: Tỷ lệ, bán tỷ lệ, không tỷ lệ.
- Theo đối tượng biểu thị: Điểm, đường, vùng



Hình 7. Một phần từ bản đồ địa hình tỷ lệ lớn

Nguyên tắc vẽ ký hiệu bản đồ

- Đơn giản, Dễ nhớ (gợi nhớ về đối tượng), Đẹp (thẩm mỹ), Biểu thị được đặc trưng của đối tượng, Chứa đựng thông tin một cách tối đa.

Các địa vật còn được biểu thị thông qua ghi chú trên bản đồ. Các ghi chú được phân loại như sau:

- Địa danh: Hà Nội, Huế...
- Thuật ngữ địa lí: biển, vịnh, sông, hồ, ...
- Tên đối tượng: các loại cây gỗ, cây trồng...
- Ghi chú số lượng hoặc tính chất như độ cao, kích thước, chiều rộng, độ sâu, chiều dài và sức tải trọng ...
- Ghi chú thời gian: các cuộc thám hiểm, các cuộc khởi nghĩa và khung diễn biến của các hiện tượng theo mùa,...

Sử dụng ghi chú trên bản đồ phải có sự chọn lọc để bản đồ đẹp và dễ đọc, cần bảo đảm các yêu cầu sau:

- Ghi chú phải gắn với đối tượng địa lí.
- Ghi chú không che lấp những chi tiết quan trọng.
- Hiện nay người ta lấy kiểu chữ khác nhau kết hợp với màu sắc để thể hiện các loại đối tượng khác nhau.
- Kiểu chữ đứng màu đen hoặc đỏ cho các đối tượng hành chính – chính trị.
- Kiểu chữ nghiêng xanh lam cho thủy văn.
- Kiểu chữ nghiêng màu nâu đối với địa hình.
- Để đặc trưng cho độ lớn hoặc giá trị, ý nghĩa của các đối tượng, người ta thường biểu hiện thông qua kiểu và kích thước của chữ.

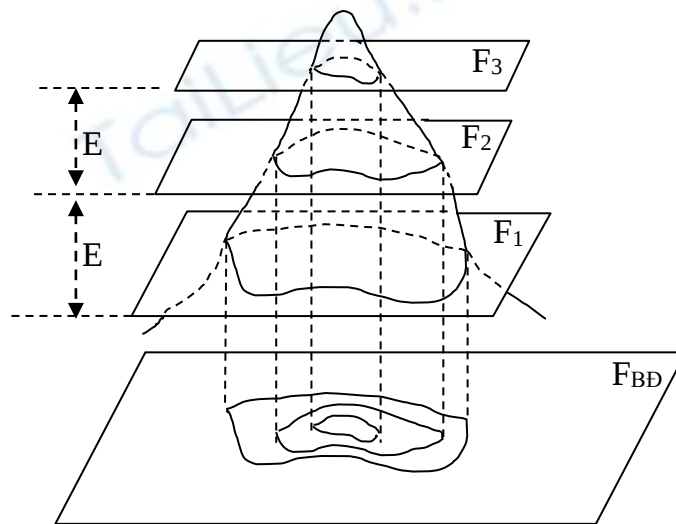
1.2.3 Biểu thị địa hình mặt đất.

Địa hình là sự lồi lõm của bề mặt Trái đất như núi, sông, hồ, đồi...

Địa hình được biểu thị trên bản đồ bằng các phương pháp như sau:

- Đường bình độ (đường đồng mức)
- Ghi chú độ cao
- Ký hiệu
- Tô bóng
- Tầng màu
- Lát cắt địa hình 3D
- Mô hình số độ cao

Đường bình độ (hay còn gọi là đường đồng mức) là đường nối các điểm có cùng độ cao để biểu thị mức độ cao thấp của địa hình mặt đất.



Hình 8. Đường bình độ biểu thị địa hình

Đường bình độ có các tính chất như sau :

- Các đường bình độ không cắt nhau trừ trường hợp địa hình có dạng đặc biệt.
- Các đường bình độ càng gần nhau thì địa hình càng dốc và ngược lại.
- Hiệu số giá trị của hai đường bình độ liên tiếp nhau gọi là khoảng cao đều cơ bản (E). Khi thành lập bản đồ người ta có thể sử dụng khoảng cao đều cơ bản có giá trị 0,5m ; 1m ; 2,5m ; 5m ; 10m... Trên một tờ bản đồ có thể sử dụng các giá trị E khác nhau để thể hiện được đặc điểm địa hình và hạn chế số lượng đường bình độ để không làm ảnh hưởng đến chất lượng thông tin trên bản đồ.
- Trên bản đồ thể hiện hai loại đường bình độ là đường bình độ cái và đường bình độ con phân biệt bằng lực nét của chúng, theo nguyên tắc: với khoảng cao đều nguyên thì cứ 4 đường con sẽ có 1 đường cái; ngược lại thì cứ 3 đường con sẽ có 1 đường cái.

- Nếu khoảng cách giữa các đường bình độ quá lớn người ta sử dụng đường bình độ $\frac{1}{2}$ giá trị khoảng cao đều và biểu thị bằng nét đứt.

1.3 Hệ tọa độ địa lý.

Để xác định vị trí của một điểm trên mặt đất người ta sử dụng nhiều hệ tọa độ khác nhau. Trong trắc địa thường sử dụng các hệ tọa độ như: Hệ tọa độ địa lý (tọa độ thiên văn), hệ tọa độ trắc địa, hệ tọa độ vuông góc, tọa độ cực, tọa độ cực kép, v.v... Trong phần này sẽ giới thiệu về hệ tọa độ địa lý và hệ tọa độ Trắc địa.

Trong hệ tọa độ địa lý, người ta coi Trái Đất là hình cầu.

Từ hình 9. ta có:

PP' - Trục quay của Trái Đất;

O-tâm Trái Đất;

QQ'-đường vuông góc với PP' và đi qua tâm O Trái Đất (đường kính của xích đạo).

Mặt phẳng kinh tuyến là mặt phẳng chứa trục quay Trái Đất, có vô số mặt phẳng kinh tuyến.

Đường kinh tuyến là giao tuyến giữa mặt phẳng kinh tuyến với mặt cầu, có vô số đường kinh tuyến.

Người ta quy ước kinh tuyến đi qua đài thiên văn Greenwich (Luân đôn-Vương quốc Anh) là kinh tuyến gốc (PGG'P').

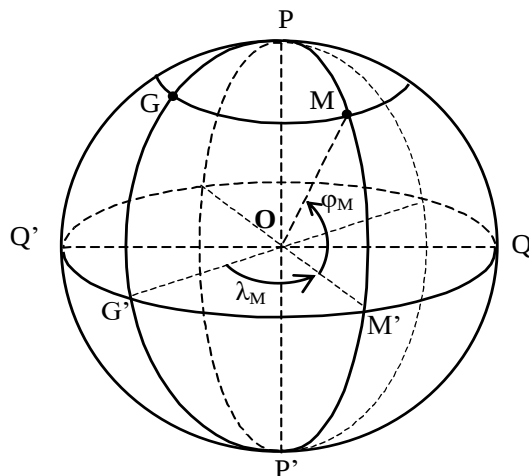
Kinh tuyến nằm về phía tây kinh tuyến gốc gọi là kinh tuyến tây. Kinh tuyến nằm ở phía đông kinh tuyến gốc gọi là kinh tuyến đông.

Mặt phẳng vĩ tuyến là mặt phẳng vuông góc với trục quay Trái Đất PP'. Có vô số mặt phẳng vĩ tuyến.

Mặt phẳng vĩ tuyến chứa tâm Trái Đất O được gọi là mặt phẳng xích đạo.

Đường vĩ tuyến là giao tuyến giữa mặt phẳng vĩ tuyến với mặt cầu.

Đường xích đạo là giao tuyến giữa mặt phẳng xích đạo với mặt cầu.



Hình 9. Hệ tọa độ địa lý

Vĩ độ địa lý của một điểm là góc hợp bởi phương của đường dây dọi đi qua điểm đó và mặt phẳng xích đạo.

Góc $\text{MOM}' = \varphi_M$. φ_M được gọi là vĩ độ địa lý của điểm M.

Nếu điểm đó nằm về phía Bắc bán cầu thì gọi là vĩ độ Bắc, nằm về phía Nam bán cầu thì gọi là vĩ độ Nam. Giá trị của vĩ độ địa lý từ $0^\circ \div 90^\circ$ vĩ độ Bắc và $0^\circ \div 90^\circ$ vĩ độ Nam.

Kinh độ địa lý của một điểm là góc nhị diện hợp bởi mặt phẳng kinh tuyến gốc và mặt phẳng kinh tuyến đi qua điểm đó.

Góc $\text{G'OM}' = \lambda_M$; λ_M được gọi là kinh độ địa lý của điểm M.

Giá trị của kinh độ địa lý từ $0^\circ \div 180^\circ$ kinh độ Đông và từ $0^\circ \div 180^\circ$ kinh độ Tây (0° thuộc kinh tuyến gốc).

Tọa độ địa lý của một điểm được viết $M(\varphi, \lambda)$, trong đó φ và λ được xác định bằng phương pháp quan sát thiên văn.

1.4 Hệ tọa độ vuông góc phẳng trắc địa

Hệ thống tọa độ vuông góc thành lập trên mỗi múi 6° hoặc 3° . Đối với mỗi múi người ta quy định kinh tuyến giữa là trục X' và xích đạo là trục Y (quy định này ngược với hệ trục toán học).

Điểm giao nhau của xích đạo và kinh tuyến giữa lấy làm điểm gốc của hệ tọa độ và có tọa độ là $O(X_0, Y_0)$,

Để giá trị tọa độ Y không âm, thuận lợi cho việc tính toán người ta quy ước chuyển trục X' về bên trái 500 km của mỗi múi thành trục X . Đối với các nước phía Nam bán cầu người ta đồng thời dời trục Y về phía dưới 10 000km để tọa độ X luôn luôn dương.

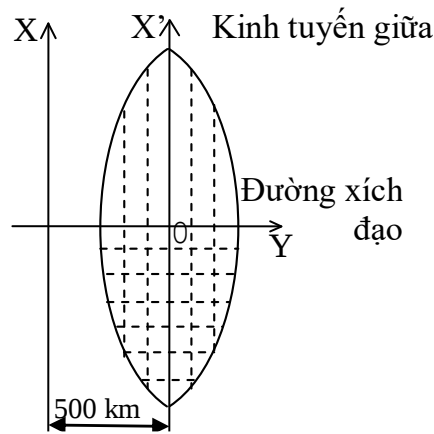
Lưới kilomet được tạo thành bằng những đường thẳng song song với hai trục cách đều nhau 1 km được thể hiện trên bản đồ tỷ lệ trung bình.

Đối với bản đồ tỷ lệ lớn người ta biểu thị lưới ô vuông các nhau 10cm trên bản đồ.

Tọa độ của một điểm bất kỳ trong múi nào đó có thể xác định được nhờ lưới tọa độ vuông góc. Để phân biệt ngay được tọa độ của điểm nằm trong múi nào, cách điểm gốc $O(X_0, Y_0)$ bao nhiêu km người ta quy định cách viết như sau $M(X; Y)$ trong đó tọa độ Y gồm 2 phần: 2 chữ số đầu tiên thể hiện số múi chiếu, phần còn lại là khoảng cách từ trục X (đã chuyển qua bên trái 500 km), có thể phân biệt 2 phần này bằng dấu chấm.

Ví dụ:

Tọa độ của điểm M (1209;18.464) có nghĩa là điểm M nằm ở múi chiếu thứ 18, cách xích đạo về phía Bắc là 1209 km, cách kinh tuyến giữa của múi chiếu về bên trái là: $500 - 464 = 36\text{km}$.



Hình 11. Hệ tọa độ vuông góc

Khi biết số thứ tự n của múi chiếu, có thể tính độ kinh của kinh tuyến giữa múi 6^0 theo công thức:

$$\lambda^0 = 6^0 \cdot n - 3^0 \quad (1.4-1)$$

Ví dụ : Nếu $n = 18$ thì ta có: $\lambda^0 = 6^0 \cdot 18 - 3^0 = 105^0$

Đối với tọa độ UTM người ta viết số cột UTM như ở ví dụ trên thì ($X_M=1209\text{km}$; $Y_M=48.464\text{km}$).

Hệ tọa độ vuông góc giả định (tự do) được dùng nhiều trong thi công Lưới xây dựng (xem phần sau)

1.5 Hệ thống độ cao

Mỗi quốc gia chọn riêng một mặt nước gốc làm cơ sở xác định độ cao.

Vị trí mặt nước gốc được xác định bằng cách theo dõi mực nước đại dương trong nhiều năm. Ở nước ta, trong hệ Quy chiếu Quốc gia VN=2000 đã quy định chọn mặt nước gốc - điểm độ cao “0 m” trong hệ độ cao Nhà nước tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu- Đồ Sơn-Hải Phòng làm

Khoảng cách thẳng đứng (tính theo phương dây dọi) từ một điểm bất kỳ trên mặt đất đến mặt nước gốc được gọi là độ cao tuyệt đối của điểm đó.

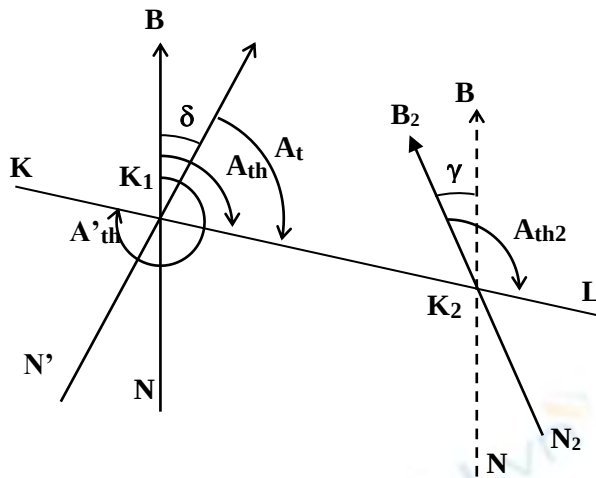
Độ cao so với mặt nước quy ước nào đó được gọi là độ cao tương đối của điểm đó. Trong xây dựng công trình mặt qui ước là mặt cốt “0” của công trình.

Chênh lệch độ cao (độ cao tuyệt đối hoặc độ cao tương đối) của hai điểm trong cùng một hệ thống độ cao gọi là chênh cao giữa hai điểm đó và được tính theo công thức:

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1.5-1)$$

Trong đó: H_A, H_B là độ cao tuyệt đối và H'_A, H'_B là độ cao tương đối của hai điểm A, B.

Trên hình 12: NB là hướng Nam Bắc của kinh tuyến thực, N'B' là hướng Nam Bắc của kinh tuyến từ ; A_{th} là góc phương vị thực và A_t là góc phương vị từ của đường thẳng KL ; δ là độ lệch từ tại điểm K_1 .



Hình 12. Góc phương vị thực, góc phương vị từ

Quan hệ giữa góc phương vị thực và phương vị từ tại một điểm trên một đường thẳng được biểu thị bằng công thức: $A_{th} = A_t + \delta$

Đối với một đường thẳng, có hướng ngược nhau nên có khái niệm góc phương vị thuận và góc phương vị nghịch. Đường thẳng chọn theo hướng từ K đến L thì A_{th} là góc phương vị thuận còn A'_{th} là góc phương vị nghịch của đường thẳng đó :

$$A'_{th} = A_{th} \pm 180^0$$

Do các đường kinh tuyến không song song với nhau nên tại các điểm khác nhau trên cùng một đường thẳng, các góc phương vị thực không bằng nhau mà chênh nhau một lượng là γ .

Góc γ được gọi là góc hội tụ kinh tuyến.

Như trên hình 12, tại điểm K_2 đường kinh tuyến B_2N_2 không song song với đường kinh tuyến B_1N_1 cho nên hai góc phương vị thực A_{th} và A_{th2} khác nhau một lượng là γ .

$$A_{th2} = A_{th} + \gamma$$

Trong phạm vi một múi chiều nếu lấy kinh tuyến giữa làm trục thì những điểm nằm ở phía Đông có góc hội tụ kinh tuyến mang dấu dương còn những điểm nằm ở phía Tây có góc hội tụ kinh tuyến mang dấu âm.

Trong một mảnh bản đồ thì giá trị góc hội tụ kinh tuyến được xác định tại điểm trung tâm của mảnh bản đồ và giá trị này sử dụng cho tất cả các điểm trong mảnh đó.

Trong hình 13 minh họa các biểu thị sơ đồ các đường kinh tuyến trên mảnh bản đồ địa hình và giá trị các góc lệch từ, góc hội tụ kinh tuyến.



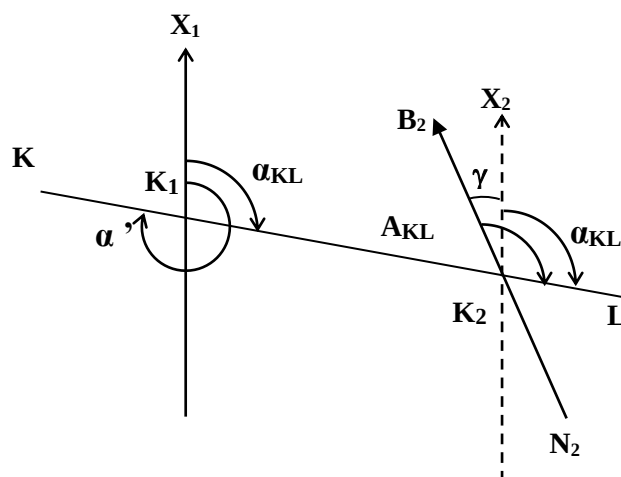
Hình 13. Sơ đồ các đường kinh tuyến và giá trị góc lệch

- Góc phương vị tọa độ

Góc phương vị tọa độ là góc hợp bởi hướng Bắc kinh tuyến giữa hoặc hướng song song với kinh tuyến giữa theo chiều kim đồng hồ tới đường thẳng cho trước.

Góc phương vị tọa độ còn gọi là góc định hướng và thường ký hiệu là α .

Góc phương vị tọa độ có giá trị từ $0 \div 360^\circ$



Hình 14. Góc phương vị tọa độ

Trong hình 14. ta có:

- K_1X_1, K_2X_2 là các hướng song song với trục X (kinh tuyến giữa của múi chiếu)
- N_2B_2 là kinh tuyến thực tại điểm K_2 có góc hội tụ kinh tuyến γ
- α_{KL} là góc phương vị tọa độ thuận của đường thẳng KL, α' là góc phương vị tọa độ nghịch, A_{th} là góc phương vị thực.

Góc phương vị tọa độ α_{KL} có giá trị như nhau tại điểm K_1, K_2 như vậy góc phương vị tọa độ không thay đổi tại các điểm trên 1 đường thẳng

Quan hệ giữa góc phương vị tọa độ và góc phương vị thực được biểu thị bằng công thức: $\alpha = A \pm \gamma$

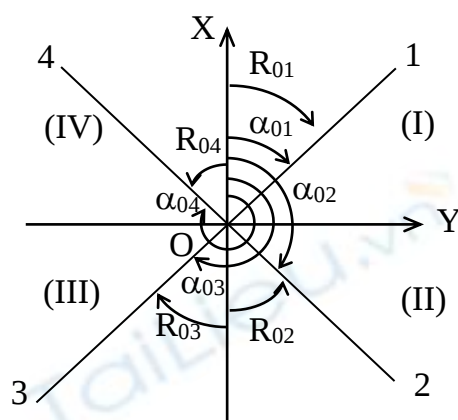
Trên một đường thẳng vì chọn hướng ngược nhau thì góc phương vị thuận và góc phương vị nghịch chênh lệch nhau 180^0 : $\alpha' = \alpha \pm 180^0$.

- Góc hai phương

Để tiện lợi cho việc tính toán, có thể sử dụng khái niệm góc hai phương.

Góc hai phương là góc bằng hợp bởi hướng Bắc hoặc hướng Nam của kinh tuyến giữa hay đường song song của kinh tuyến đó với đường thẳng cần xác định.

Góc hai phương có giá trị từ $0 \div 90^0$ và thường ký hiệu là R.



Hình 15. Góc hai phương

Quan hệ giữa góc hai phương và góc định hướng có thể biểu thị như trên hình 15 và bảng 1

Bảng 1

Góc phần tư	Trị giá góc α	Trị giá góc R
Bắc - Đông (I)	$0 \div 90^0$	$R = \alpha$
Nam - Đông (II)	$90^0 \div 180^0$	$R = 180^0 - \alpha$
Nam - Tây (III)	$180^0 \div 270^0$	$R = \alpha - 180^0$
Tây - Bắc (IV)	$270^0 \div 360^0$	$R = 360^0 - \alpha$

1.7 Bản đồ địa hình

1.7.1 Khái niệm, phân loại, tính chất, ứng dụng của bản đồ

1.7.1.1 Khái niệm

Bản đồ địa hình là hình ảnh thu nhỏ của mặt đất trên giấy theo một nguyên tắc toán học, một phương pháp lấy bỏ tổng hợp nhất định và theo một hệ thống ký hiệu riêng.

Bản đồ địa hình là kết quả của phép chiếu thẳng đứng nên tỷ lệ trên bản đồ địa hình là tỷ lệ thống nhất.

1.7.1.2 Tính chất

Bản đồ địa hình có những tính chất sau: