Matematika A2

11. feladatsor megoldása

1. Írja fel az érintősíkot a P_0 pontban!
   Tudjuk, hogy a $z = f(x, y)$ függvény érintősíkja a P_0 pontban a következő: $f_x(P_0)(x - x_0) + f_y(P_0)(y - y_0) - (z - z_0) = 0$. Azaz láthatjuk hogy csupán a parciális deriváltakra lesz szükség a feladat megoldásában.

   (a) $z = x^2 + y^2$, $P_0(1, 1, 2)$
   Az adott pont a felületen van, így felírható az érintősík.

   $$f_x = 2x, \quad f_x(P_0) = 2$$
   $$f_y = 2y, \quad f_y(P_0) = 2$$

   Az érintősík egyenlete: $2(x - 1) + 2(y - 1) - (z - 2) = 0$.

   (b) $z = \sqrt{4 - x^2 - y^2}$, $P_0(0, 0, 2)$
   Az adott pont a síkben fekszik, így felírható az érintősík.

   $$f_x = -\frac{x}{\sqrt{4 - x^2 - y^2}}, \quad f_x(P_0) = 0$$
   $$f_y = -\frac{y}{\sqrt{4 - x^2 - y^2}}, \quad f_y(P_0) = 0$$

   Az érintősík egyenlete: $0(x - 1) + 0(y - 1) - (z - 2) = 0$.

   (c) $z = xy + x + y$, $P_0(1, -1, -1)$
   Az adott pont a síkben fekszik, így felírható az érintősík.

   $$f_x = y + 1, \quad f_x(P_0) = 0$$
   $$f_y = x + 1, \quad f_y(P_0) = 2$$

   Az érintősík egyenlete: $0(x - 1) + 2(y + 1) - (z + 1) = 0$.

2. Határozzuk meg a megadott függvények összes lokális minimumát, maximumát, ezek helyét és a nyeregpontokat is.
   A lokális szélsőérték létezésének szükséges feltétele, hogy a parciális deriváltak eltűnjenek az adott pontban. Emellett a létezés elégséges feltétel, hogy az adott a pontban a következő determináns értéke pozitív. Emellett ha $f_{xx} > 0$, akkor lokális minimumról, míg $f_{xx} < 0$ esetben lokális maximumról beszélünk.

   $$D = \begin{vmatrix} f_{xx} & f_{xy} \\ f_{yx} & f_{yy} \end{vmatrix}$$

   (a) $f(x, y) = 2x^2 + 3xy + 4y^2 - 5x + 2y$
   Először ellenőrizzük a szükéges feltétel teljesülését.

   $$f_x = 4x + 3y - 5 = 0$$
   $$f_y = 3x + 8y + 2 = 0$$

   A fenti egyenletrendszer megoldása: $x = 2$, $y = -1$. Ezen pontban lehet a függvénynek lokális szélsőértéke. Most vizsgáljuk a fenti determinánst.

   $$f_{xx} = 4 \quad f_{xy} = f_{yx} = 3 \quad f_{yy} = 8$$

   Tehát a fenti determináns értéke a $(2, -1)$ pontban : $D = 32 - 9 = 27 > 0$. Azaz a $(2, -1)$ pont lokális minimum lesz, mivel $f_{xx} > 0$.

(b) $f(x,y) = 6x^2 - 2x^3 + 3y^2 + 6xy$
Először ellenőrizzük a szükéges feltétel teljesülését.

$$f_x = 12x - 6x^2 + 6y = 0$$

$$f_y = 6x + 6y = 0$$

A fenti egyenletrendszer megoldása: $x_1 = 0$, $y_1 = 0$ és $x_2 = 1$,$y_2 = 1$. Ezen pontokban lehet a függvénynek lokális szélsőértéke. Most vizsgáljuk a fenti determinánst.

$$f_{xx} = 12 - 12x \quad f_{xy} = f_{yx} = 6 \quad f_{yy} = 6$$

A fenti determináns értéke a $(0,0)$ pontban: $D = 36$. Azaz a $(0,0)$ pontban a függvénynek lokális minimuma van, hisz $f_{xx} > 0$. Tehát a fenti determináns értéke az$(1,-1)$ pontban : $D = -36 < 0$. Azaz az $(1,-1)$ pont nyeregpont.

(c) $f(x,y) = x^3 + y^3 + 3x^2 - 3y^2 - 8$
Először ellenőrizzük a szükéges feltétel teljesülését.

$$f_x = 3x^2 + 6x = 0$$

$$f_y = 3y^2 - 6y = 0$$

A fenti egyenletrendszer megoldása: $x_1 = 0$, $y_1 = 0$ és $x_2 = 0$,$y_2 = 2$ és $x_3 = -2$,$y_3 = 0$ és $x_4 = -2$,$y_4 = 2$. Ezen pontokban lehet a függvénynek lokális szélsőértéke. Most vizsgáljuk a fenti determinánst.

$$f_{xx} = 6x + 6 \quad f_{xy} = f_{yx} = 0 \quad f_{yy} = 6y - 6$$

A fenti determináns értéke a $(0,0)$ pontban: $D = -36 < 0$. Azaz a $(0,0)$ pont nyeregpont. A fenti determináns értéke a $(0,2)$ pontban: $D = 36 = 27 > 0$. Azaz a $(0,2)$ pont lokális minimum lesz, mivel $f_{xx} > 0$, A fenti determináns értéke a $(-2,0)$ pontban: $D > 0$. Azaz a $(2,0)$ pont lokális maximum lesz, mivel $f_{xx} < 0$. A fenti determináns értéke a $(-2,2)$ pontban: $D < 0$. Azaz a $(2,2)$ pont nyeregpont.

(d) $f(x,y) = \frac{1}{x^2+y^2-1}$
Először ellenőrizzük a szükéges feltétel teljesülését.

$$f_x = \frac{-2x}{(x^2+y^2-1)^2} = 0$$

$$f_y = \frac{-2y}{(x^2+y^2-1)^2} = 0$$

A fenti egyenletrendszer megoldása: $x = 0$, $y = 0$. Ezen pontban lehet a függvénynek lokális szélsőértéke. Most vizsgáljuk a fenti determinánst. Értéke a $(0,0)$ pontban: $D = 4 - 0 = 4$. Azaz a $(0,0)$ pont lokális maximum lesz, mivel $f_{xx} < 0$.

3. Keressük meg az $f(x,y) = x^2 + y^2$ függvény abszlút maximumát és minmumát az első síknegyedbe eső háromszög alakú tartományon, amelyet az $x = 0$, $y = 0$ és $y + 2x = 2$ egyenesek határolnak.
Egy függvénynek abszolút szélsőértéke lehet azon belső pontokban, ahol a parciális deriváltak értéke 0; illetve a tartomány határán.
Először vizsgáljuk a belső pontokat:

$$f_x = 2x = 0 \quad f_y = 2y = 0$$

A fentiek alapján a $(0,0)$ pont számítana belső pontnak. De ez határpont, így ennek a függvénynek belső pontban nincs abszolút szélsőértéke.
Most következzék a határ vizsgálata:
(i) $x = 0$ esetben $f(0,y) = y^2$. Az így keletkezett egyváltozós függvény szélsőértékét vizsgálva azt kapjuk hogy $y = 0$. Azaz a $(0,0)$ pontban lehet abszolút szélsőérték.
(ii) $y = 0$ esetben $f(x,0) = x^2$. Az így keletkezezz egyváltozós függvény szélsőértékét vizsgálva azt kapjuk, hogy $x = 0$. Most nem kaptunk újabb potenciális pontot.

(iii) $y = -2x + 2$ esetben $f(x, -2x + 2) = 5x^2 - 8x + 4$. Az így keletkezett egyváltozós függvény szélsőértékét vizsgálva azt kapjuk, hogy $x = 0,8$, így $y = 0,4$. Azaz a $(0,8; 0,4)$ pontban lehet abszolút szélsőérték.
Emellett azt is tudjuk, hogy minden tartományi csúcspontban lehet abszolót szélsőérték, így vizsgálnunk kell még a $(1, 0)$ és $(0, 2)$ pontokat is.
A megkapott pontokat helyettesítsük vissza a függvénybe, hogy megkapjuk a minimumot és maximumot. $f(0, 0) = 0, f(0, 2) = 4, f(1, 0) = 1, f(0,8; 0,4) = 1$. Azaz a függvénynek a $(0, 0)$ pontban lesz minimuma, míg a $(0, 2)$ pontban maximuma.

4. Egy lapos körlap alakú tányér alakját $D = (x, y) : x^2 + y^2 \leq 1$ egyenlet írja le. A tányért melegítjük úgy, hogy bármely (x, y) pontjában a hőmérséklet értéke $T(x, y) = x^2 + 2y^2 - x$ lesz. Ábrázoljuk a hőmérséklet néhány szintgörbéjét D-ben. Keressük meg a tányér leghidegebb és legmelegebb pontjait!
Ebben a feladatban is a megadott függvény abszolút szélsőértékét kell megkeresnünk. Azaz először vizsgáljuk a lehetséges belső pontokat.

$$f_x = 2x - 1 = 0 \quad f_y = 4y = 0$$

A fentiek alapján a $(\frac{1}{2}, 0)$ belső pont egy lehetséges abszolót szélsőérték.
Most következik a határ vizsgálata:
Paraméterezzük be a határt polárkoordináták segítségével.

$$x = \cos\phi, \quad y = \sin\phi$$

Ekkor$f(\phi) = \cos^2\phi + 2\sin^2\phi - \cos\phi =$. Az így keletkezett egyváltozós függvénynek keressük a szélsőértékét,ami a következő pontokban lehet: $\phi = -\frac{2\pi}{3}; \frac{2\pi}{3}; 0, \pi$. ezeket vissza kell helyettesíteni az x és y helyébe, hogy megkapjuk a keresett (x, y) pontpárokat. Ha ezek megvannak, akor behelyettesítjük a kapott pontokat az eredeti függvénybe. A legnagyobb érték lesz a maximum, míg a legkisebb a minimum.

5. Keressük meg az $f(x, y) = xy$ és a $g(x, y) = 2x^2 + y^2$ függvények maximumát és minimumát az $x^2 + y^2 = 4$, $y \geq 0$ alakú félkörön!
Ez a feladat feltételes szélsőérték problémára vezet. Ezt Lagrange-multiplikátor segítségével oldható meg.
(i) A Lagrange-multiplikátor: $h(x, y, \lambda) = xy + \lambda(x^2 + y^2 - 4)$. Ekkor $h_x = y + 2\lambda x = 0$, $h_y = x + 2\lambda y = 0$, $h_\lambda = x^2 + y^2 - 4$. Innen $\lambda = -\frac{y}{2x} = -\frac{x}{2y}$, ezért a maximum $x = y = \sqrt{2}$ esetén vétetik fel, ahol a függvény értéke 2. (ii) A $g(x, y)$ függvény esetében is hasonló módon járhatunk el.

6. Oldjuk meg a következő feladatot!
Ez a feladat is feltételes szélsőérték keresésére vezet. És ezt is Lagrange-multiplikátoros módszerrel oldjuk meg.
   (a) Mennyi a minimuma $x + y$-nak, ha $xy = 16$, $y > 0$? A lagrange-multiplikátor: $h(x, y, \lambda) = x + y + \lambda(xy - 16)$. Ekkor $h_x = 1 + \lambda y = 0$, $h_y = 1 + \lambda x = 0$, $h_\lambda = xy - 16$. Ennek az $x = y = 4$ a megoldása. Ekkor $x + y = 8$.
   (b) Mennyi a maximuma xy-nak, ha $x + y = 16$?

7. Mekkorák a méretei a $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ ellipszisbe írható legnagyobb kerületű téglalapnak, ha az oldalai párhuzamosak a koordinátatengelyekkel? Mekkora a területe?