Hasonlítsuk össze az I., II. és III. fokozat, ill. az S1-S4 különleges fokozatok jelleggörbéit, melyeket a 10-4. és 10-5. ábra mutat.
S1-tôl S4 ill. az I.-tôl a III. felé haladva a nagy selejtarányú tétel elfogadásának P_a valószínűsége, vagyis a másodfajú hiba valószínűsége egyre csökken, az elsőfajú hiba valószínűsége ($1–P_a$ értéke a p=0.01 selejtaránynál) eközben nagyjából változatlanul 0.05 körül van.
Az S4 görbe megint rendellenesen viselkedik, másképp görbül, mint a másik három.

A 10-2. táblázatba kigyűjtöttük a szabvány átvételi és visszautasítási határértékeit 1201-3200 elemű tételekre, ha *AQL*=1.0%. Ha figyelmesen megnézzük az *Ac*=*c* értékeket, azt találjuk, hogy éppen S4-nél kell áttérni (a mintaelemszám növekedése miatt) *c*=0-ról *c*=1-re, ami a 9.4. ábránál megbeszélt okból igen radikális változás.

10-2. táblázat

fokozat	kulcsjel	normális			szigorított			enyhített		
		n	*Ac*	*Re*	*n*	*Ac*	*Re*	*n*	*Ac*	*Re*
S1	C	5	0	1	5	0	1	2	0	1
S2	D	8	0	1	8	0	1	3	0	1
S3	E	13	0	1	13	0	1	5	0	1
S4	G	32	1	2	32	1	2	13	0	2
I	H	50	1	2	50	1	2	20	0	2
II	K	125	3	4	125	2	3	50	1	4
III	L	200	5	6	200	3	4	80	2	5

Látható a táblázatból, hogy a normális és a szigorított vizsgálat azonos elemszámú mintát ír elő, csak az átvételi és visszautasítási határértékek különböznek. Az enyhített ellenőrzésnél a mintaelemszám kisebb, és az átvételi határok a normális vizsgálattal összehasonlítva kisebbek, mint azt a mintaelemszámmal arányos csökkentés diktálná.

A normális és a szigorított vizsgálatnál a *Re* visszautasítási szám mindig éppen eggyel nagyobb az *Ac*=*c* átvételi számnál. Az átvétel feltétele, hogy $D \le c$ legyen, az elutasításé, hogy $D \ge r$. Tehát átvesszük a tételt, ha a hibaszám nem haladja meg *Ac* értékét, visszautasítjuk, ha a hibaszám legalább *Re*. Ha *Re*–*Ac*=1, tehát a visszautasítási határ csak eggyel nagyobb az átvételinél, nem fordulhat elő, hogy a selejtszám vagy hibaszám *Ac*-nél nagyobb, de *Re* értékét nem éri el, tehát nem tudnánk dönteni.

Az enyhített vizsgálatnál *Re* és *Ac* között 1-nél nagyobb a különbség (a *G* kulcsjeltől kezdve). Ha a hibaszám a két határ közé esik, nem dönthetünk sem a tétel átvételéről, sem visszautasításáról, hanem át kell térni a normális ellenőrzésre.

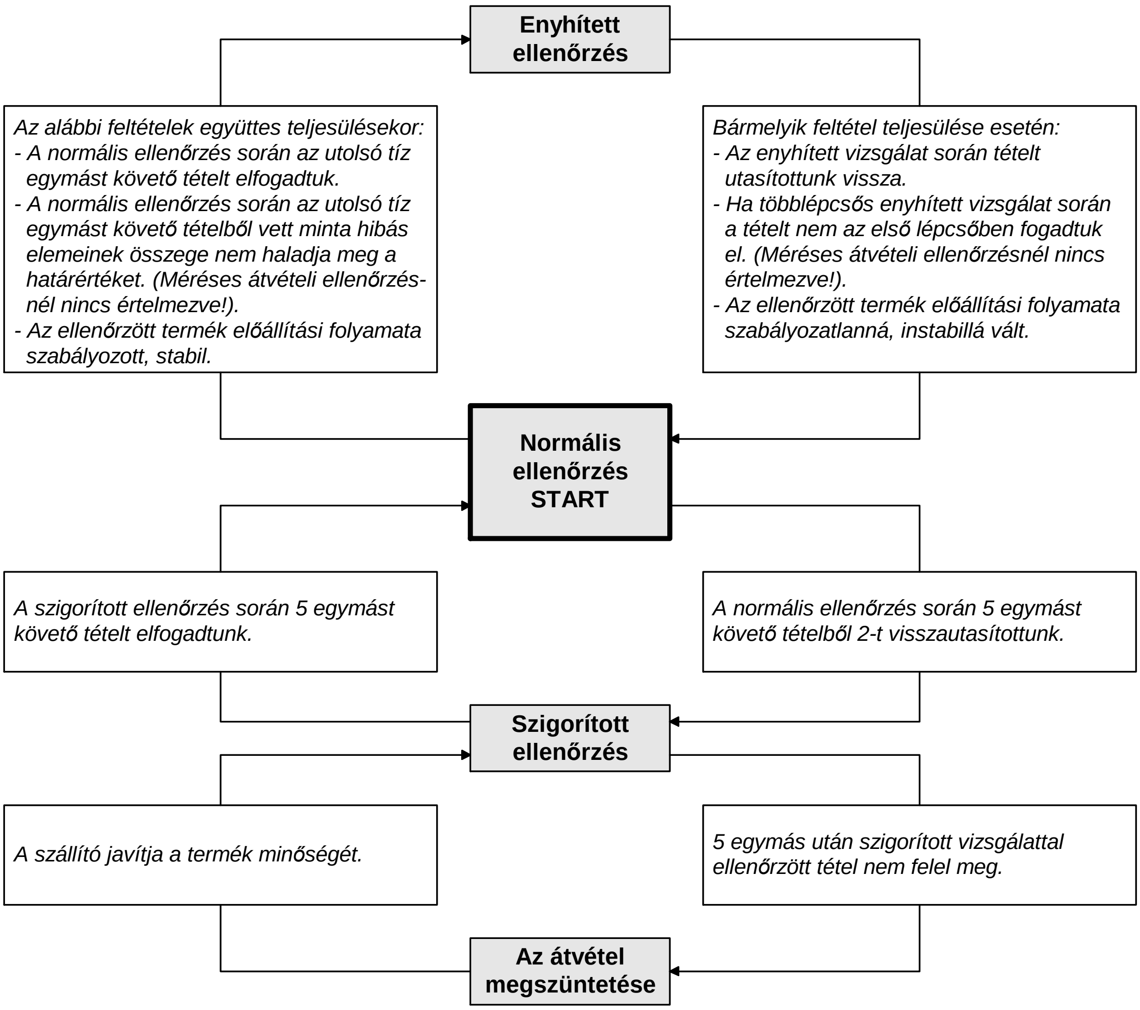
10.2.2. Áttérési szabályok a különböző szigorúsági fokozatok között

Az átvételt – hacsak kifejezetten más nincs előírva – a normális ellenőrzési móddal kell kezdeni, és mindaddig azt kell alkalmazni, amíg az átvételi szabványokban meghatározott áttérési szabályok szerint nem merül fel a szigorított ellenőrzés szükségessége vagy az enyhített ellenőrzés lehetősége.

Az áttérési szabályok a következők, a rendszert a 10-6. ábra mutatja be.

1. Áttérés a normális ellenőrzésről a szigorítottra:

   A normális ellenőrzésről át kell térni a szigorítottra, ha a normális ellenőrzés alkalmazása során egymás után következő öt tételből kettőt visszautasítunk. (Az ismételten ellenőrzésre kerülő tételeket figyelmen kívül kell hagyni!)



10-6. ábra. Az áttérési szabályok rendszere (Papp L., Róth P., Németh L., 1992)

2. Az ellenőrzés (átvétel) megszüntetése:

Ha öt egymás után szigorított vizsgálattal ellenőrzött tétel nem felel meg, akkor az ellenőrzést meg kell szüntetni és intézkedést kell kezdeményezni az ellenőrzésre kerülő termék minőségének javítására.

3. Áttérés a szigorított ellenőrzésről a normálisra:

A szigorított ellenőrzésről át lehet térni a normálisra, ha a szigorított ellenőrzés alkalmazása során öt egymás után következő tételt elfogadtunk.

4. Áttérés a normális ellenőrzésről az enyhítettre:

A normális ellenőrzésről az enyhítettre áttérni az alábbi feltételek együttes teljesülése esetén lehetséges:

a) A normális ellenőrzés során az utolsó tíz egymást követő tételt elfogadtuk.
b) A normális ellenőrzés során az utolsó tíz egymást követő tételből vett mintákban a hibás termékeinek összessége nem haladja meg a szabványban található határértéket. (Méréses átvételi ellenőrzésnél nincs értelmezve!).
c) Az ellenőrzött termék előállítási folyamata szabályozott, stabil.

5. Áttérés az enyhített ellenőrzésről a normálisra:

a) Az enyhített vizsgálat során tételt utasítottunk vissza.
b) Ha többlépcsős enyhített vizsgálat során a tételt nem az első lépcsőben fogadtuk el. (Méréses átvételi ellenőrzésnél nincs értelmezve!).
c) Az ellenőrzött termék előállítási folyamata szabályozatlanná, instabillá vált.

10-3. példa

Egy 1500 darabos dobozos virsli tételt beltartalmi érték alapján minősítünk (Papp L., Róth P., Németh L., 1992).
A minősítéses átvételi ellenőrzési terv paraméterei a következők:

- MSZ KGST 548 (ISO 2859-1, MIL-STD-105D) (az alkalmazott szabvány jele),
- N (normális),
- II (ellenőrzési fokozat),
- e (egylépcsős),
- AQL = 1.0% (névleges hibaszázalék).

1. lépés:
A tétel darabszáma (N = 1500) és az ellenőrzési fokozat (II) alapján a kulcsjeltáblázatból (függelék VI/1. táblázata) kikeressük a tervhez tartozó kulcsjelet: K.

2. lépés:
Az egylépcsős mintavétel, normális ellenőrzés táblázatából (függelék VI/2. táblázata) a kulcsjelhez (*K*) kikeressük a mintaelemszámot, az elfogadási (*Ac*), illetve a visszautasítási (*Re*) határok értékét. A keresés eredménye:

kulcsjel: K; mintaelemszám: n=125; átvételi határ: Ac=3; visszautasítási határ: Re=4.

3. lépés:
A mintavételi terv alapján kivett mintaelemek vizsgálata.
A 125 elemű mintában D=2 hibás darabot találtunk.

4. lépés:
Döntés a tétel elfogadásáról vagy visszautasításáról. Mivel a 125 elemű mintában 2 darab nem megfelelő mintaelemet találtunk ($D \leq Ac$), a tételt átvesszük.

10.3. Javító ellenőrzés, átlagos kimenő hibaszint

Képzeljük el a következő átvételi ellenőrzési eljárást! Legyen egy N elemű p selejtarányú tételünk, ebbôl n elemű mintát veszünk. A minta selejtszáma alapján döntünk a tétel átvételéről vagy visszautasításáról. Az átvétel valószínűsége P_a.

A szállítmányokra sürgősen szükségünk van a gyártáshoz, ezért ha az n elemű mintában a selejtszám nem haladja meg az átvételi határt, a mintában a talált hibás elemeket hibátlanra cseréljük (vagy megjavítjuk), és a mintát, amely ettől kezdve n jó elemből áll, visszatesszük a tételbe. A mintába bele nem került, és így meg nem talált selejtes elemek a tételben így benne maradnak.

Ha a mintában a selejtszám eléri a visszautasítási határt, a tételt visszautasítjuk. A visszautasított tételeket 100%-os átvizsgálásnak vetjük alá, melynek során minden hibás elemet hibátlanra cserélünk. Így a tétel valamennyi (N) eleme hibátlan lesz, a selejtes elemek száma zérus. Ennek valószínűsége a tétel visszautasítási valószínűsége $\left(1-P_a\right)$.

A vett n elemű mintában (mivel a hibás elemeket kicseréltük) n hibátlan elem lesz. Ha a tételt átvesszük (ennek valószínűsége P_a), a többi N-n elem közül átlagosan $p(N-n)$ lesz hibás. Elegendően nagy számú (m) tétel ellenőrzése után az átvett tételek száma $P_a m$, a 100%-osan átvizsgált (tehát először visszautasított) és hibátlanná tett tételek száma $\left(1-P_a\right)m$. A selejtes (hibás) elemek átlagos aránya:

$$AOQ = \frac{P_a m p(N-n) + \left(1-P_a\right)m \cdot 0}{mn} = \frac{P_a p(N-n)}{N}.$$

Ez a kimenő tételek átlagos hibaszintje (*AOQ*: average outgoing quality), amely nyilvánvalóan p-nél, a tétel eredeti selejtarányánál alacsonyabb lesz.

10-4. példa

Számítsuk ki az átlagos kimenő hibaszintet a 9-1. és 9-2. példa szerinti ellenőrzésnél (N=1000, n=80, c=2, p=0.01)!

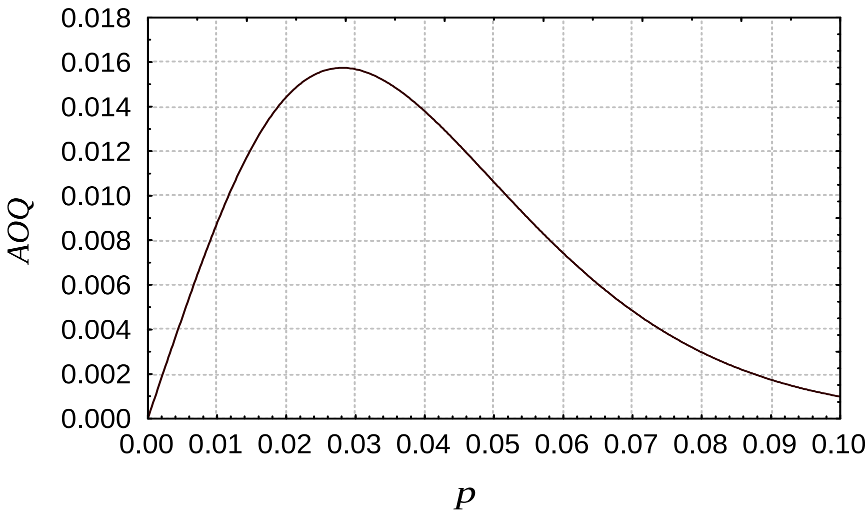
$$AOQ = \frac{P_a p(N-n)}{N} = \frac{0.9534 \cdot 0.01 \cdot (1000-80)}{1000} = 0.00877\,,$$

ahol $P_a = P(D \leq 2) = 0.9534$.

Ha a minta elemszáma elhanyagolható a tételéhez képest (N>>n), a képlet egyszerűsödik:

$$AOQ = P_a p\,.$$

Megjegyezzük, hogy AOQ nem egyetlen tétel kimenő hibaszintje, hanem sok tétel átlagában értendő.
Vizsgáljuk meg, hogyan változik az AQL az átlagos kimenő hibaszint a p selejtaránnyal (10-7. ábra)!



10-7. ábra. *AOQ* (átlagos kimenő hibaszint) a tétel selejtaránya függvényében, a 10-4. példában

Látható az ábrából, hogy ha p nagyon kicsi (a tétel nagyon jó minőségű), AQL is jó; ha p nagyon nagy (a bemenő minőség rossz), AQL akkor is jó (mert a tételt visszautasítják és átválogatják). A két szélső p selejtarány között AQL-nek maximuma van. Ezt a maximális értéket jelölik $AOQL$-lel, és bármilyen p esetére természetesen érvényes, hogy $AOQ \leq AOQL$. Esetünkben $AOQL \approx 0.0157$.

Ez a korlát a tételek átlagos kimenő hibaszintjére vonatkozik, vagyis sok tétel átlagára, és nem jelenti azt, hogy egy-egy tétel kimenő hibaszintje nem haladhatja meg *AOQL* értékét.

10.4. Kétlépcsős ellenőrzés

Az egylépcsős ellenőrzésnél előfordulhat, hogy az előírásoktól (a nullhipotézis szerinti selejtaránytól) olyan mértékű az eltérés, hogy már a terv szerintinél jóval kisebb elemszámú minta alapján is döntést lehetne hozni. Ezért dolgozták ki a két- és többlépcsős ellenőrzési terveket.
Ha az első, az egylépcsős ellenőrzésnél használtnál kisebb minta alapján dönthetünk, megtesszük, és megtakarítjuk a második minta vételét és vizsgálatát. Ha az első minta információtartalma nem elegendő a döntéshez, második mintát is veszünk, és a kettő együttese alapján hozunk döntést.

10.4.1. A kétlépcsős mintavételi terv

A kétlépcsős mintavételi terv paraméterei:

n_1, az első minta elemszáma;
c_1, (Ac_1) az első minta elfogadási határa (átvételi száma);
r_1, (Re_1) az első minta elutasítási határa (visszautasítási száma);
n_2, a második minta elemszáma;
c_2, (Ac_2) a második minta elfogadási határa (átvételi száma);
r_2, (Re_2) a második minta elutasítási határa (utasítási száma);

A mintavétel eredményei:

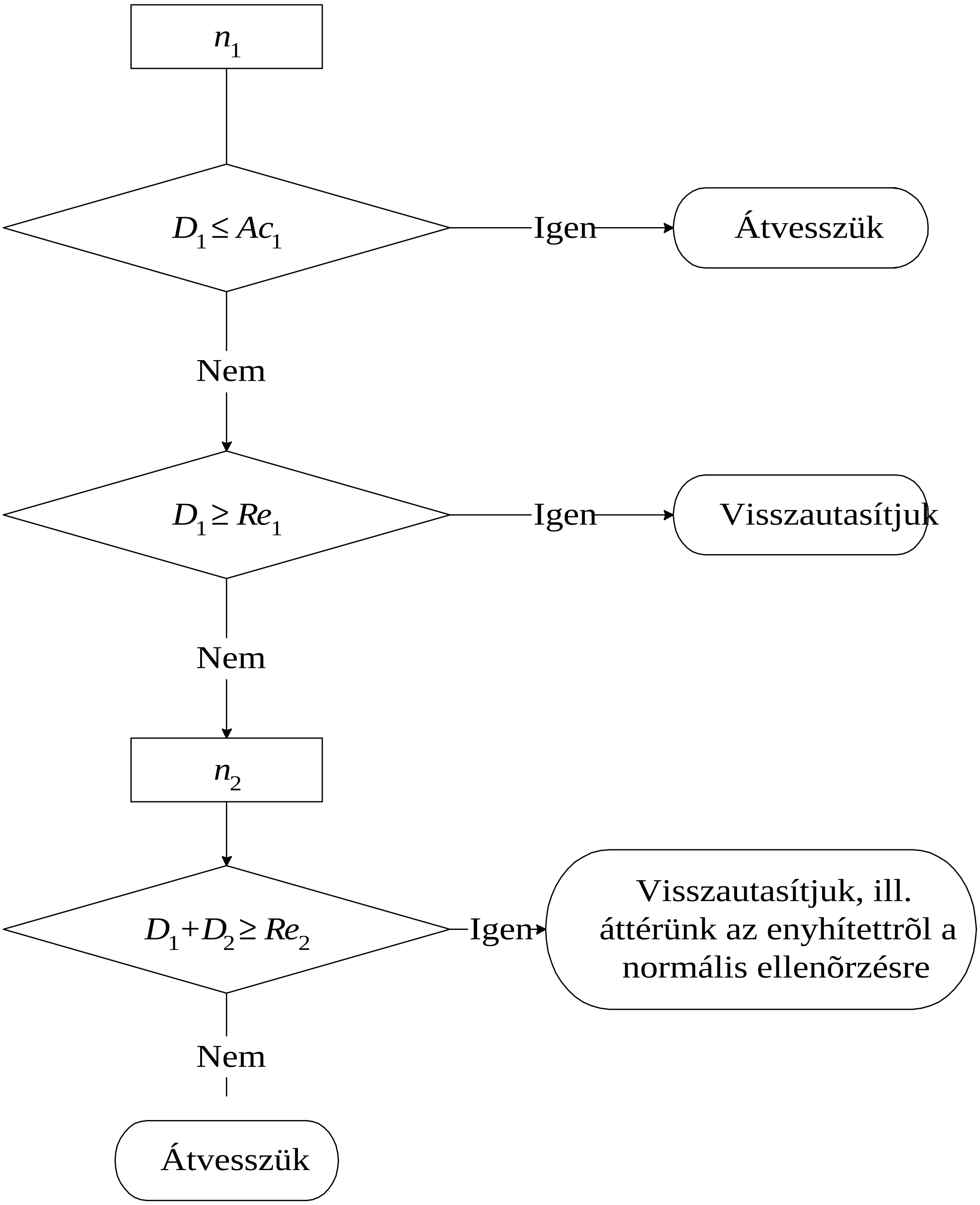
D_1, az első mintában talált selejtes elemek száma;
D_2, a második mintában talált selejtes elemek száma.

Ha $D_1 \le c_1$, átvesszük a tételt már az első minta alapján. Ha $D_1 \ge r_1$, visszautasítjuk a tételt az első minta alapján. Ha $c_1 < D_1 < r_1$, folytatjuk az elemzést a második mintával.

Amennyiben a két mintában az együttes selejtszám eléri vagy meghaladja a másik kritikus értéket, vagyis $D_1 + D_2 \ge r_2$, visszautasítjuk a tételt, ha nem, átvesszük.

Egyszerűbb esetben lehet r_1=r_2=c_2+1. A második minta r_2 visszautasítási határa szigorított és normális ellenőrzés esetén c_2+1, enyhített ellenőrzésnél lehet ennél nagyobb. Az enyhített ellenőrzésnél ezért előfordulhat, hogy az első és második mintabeli összes hibaszám c_2 és r_2 közé esik, vagyis se átvenni, se visszautasítani nem tudjuk a tételt, hanem át kell térnünk az enyhítettről a normális ellenőrzésre.

Az algoritmust a 10-8. ábra mutatja.



10-8. ábra. A kétlépcsős mintavételi eljárás algoritmusa

A kétlépcsős mintavételi terv előnye, hogy szerencsés esetben az elvégzendő vizsgálatok száma kisebb, tehát az ellenőrzés költsége alacsonyabb, mint az egylépcsős eljárásnál volna. Természetesen a két módszert azon az alapon kell összehasonlítani, hogy azonos statisztikai biztonságú következtetéshez melyik igényel kevesebb ellenőrzést.

10-5. példa

Legyen a kétlépcsős mintavételi terv szerint az első minta 80, a második is 80 elemű, legyen c_1=1, r_1=c_2=4.

Az első 80 elemű mintában 2 selejtes elemet találtunk.

Mivel $1 < 2 < 4$ ($c_1 < D_1 < r_1$), a második, 80 elemű mintára is szükség van, ebben 1 újabb selejteset találunk, összesen tehát 3 volt hibás. Lévén, hogy 3 nem nagyobb, mint a c_2 határ, átvesszük a tételt.

10.4.2. Működési jelleggörbe

A kétlépcsős ellenőrzés működési jelleggörbéje a tétel elfogadási valószínűségét mutatja a p tételbeli valóságos selejt- ill. hiba-arány függvényében. E valószínűség kifejezése:

$$P_a = P_a^I + P_a^{II} = \sum_{i=0}^{c_1} P_{n_1}(i) + \sum_{i=c+1_1}^{r_1-1}\left[P_{n_1}(i)\sum_{j=0}^{r_{2-i}} P_{n_2}(j)\right],$$

ahol P_a^I annak valószínűsége, hogy a tételt az első minta alapján átvesszük;

P_a^{II} annak valószínűsége, hogy a második minta vétele után, tehát a két mintából együtt hozunk pozitív döntést;

$P_{n_1}(i)$ a valószínűsége, hogy az n_1 elemű első mintában i selejteset találunk.

10-6. példa

Számítsuk ki annak valószínűségét, hogy a 10-5. példa szerinti kétlépcsős eljárásnál (n_1=n_2=80, c_1=1, r_1=c_2=4) már az első 80 elemű minta alapján pozitív döntést hozhatunk, ha p_0=0.01!

A számításokhoz szükség lesz a binomiális eloszlás bizonyos sűrűség- és eloszlásfüggvény-értékeire, ezeket a 9-1. táblázatban már kiszámítottuk.

Akkor hozunk az első 80 elemű minta alapján pozitív döntést, ha $D_1 \le c_1$, vagyis itt $D_1 \le 1$. Ennek valószínűsége:

$$P_a^I = P(D_1 = 0) + P(D_1 = 1) = F(1) = 0.8091.$$