

IV. Átvételi minőségellenőrzés

9. Az átvételi minőségellenőrzés alapelvei

Az átvételi minőségellenőrzés a statisztikai minőség szabályozás hagyományos területe. Tipikus átvételi minőségellenőrzési szituáció a következő: egy beszállítótól érkezett tételt minősíteni kell, hogy megfelel-e az előírásoknak. A tétel lehet nyersanyag vagy alkatrész. A tételből mintát vesznek, és a minta elemeinek valamilyen minőségi jellemzőjét megvizsgálják. Ennek alapján döntést hoznak a tétel átvételéről vagy visszautasításáról. Az elfogadott tételek a termelésbe kerülnek, az elutasított tételeket visszaküldik a szállítónak vagy átválogatják, esetleg másképp hasznosítják.

Az ilyen feladatot ugyan átvételi minőségellenőrzésnek nevezik, de nemcsak beszállítói tételek ellenőrzésére használják, hanem a gyártási folyamat két szakasza közötti ellenőrzésre, valamint a végtermék minősítésére is. Ilyenkor az elfogadott tétel továbbkerül, az elutasított pedig átválogatásra (a hibás darabok javításra, vagy megsemmisítésre). Természetesen e tágabb értelemben a vevő és a beszállító ugyanazon vállalat két részlege is lehet.

Ellentétben az ellenőrző kártyák használatával, az átvételi minőségellenőrzés célja nem a minőségi jellemző eloszlása paramétereinek (várható érték, variancia) becslése, hanem hipotézisvizsgálat: a tétel átvételéről vagy visszautasításáról való döntés.

Az átvételi minőségellenőrzés sokkal egyszerűbb, mint az ellenőrző kártya alkalmazása, de a gyártási folyamatra csak közvetett befolyása, ezért kevésbé hatékony minőségbiztosítási eszköz. Egyszerűsége mellett azért is használják igen kiterjedten, mert a vevő és a szállító tevékenysége fázisai közötti vizsgálat lévén a vevő szempontjából könnyebben kézbe tartható. Az átvételi ellenőrzés módját a szállítási szerződésekben rögzíteni szokás.

E munkában a tételt darabokból állónak (pl. 1000 csapágy) tekintjük. Ez természetesen nem áll fenn sok iparágban.

A tétel elfogadásáról való döntésnek elvileg három lehetséges útja van:

- ellenőrzés nélküli elfogadás
- minden elem megvizsgálása: teljes átvizsgálás (full inspection, 100% inspection)
- mintavételes ellenőrzés.

Az ellenőrzés nélküli elfogadás akkor jöhet szóba, ha a szállító gyártási folyamata olyan jó, hogy hibás darabok nagyon-nagyon ritkán keletkeznek. Ez azt jelenti, hogy a beszállító C_{PK} folyamatképességi indexe 3 fölött van.

A 100%-os vizsgálat akkor indokolt, ha a szállító gyártási folyamatának képessége nem megfelelő, vagy ha a kérdéses alkatrész szerepe a gyártásban kritikus, ezért egyetlen hibás darab átengedése is megengedhetetlenül súlyos gazdasági következményekkel jár a gyártás további lépéseinél vagy az elkészült gyártmány felhasználása során. Megjegyzendő, hogy a teljes átvizsgálás sem biztosan hibamentes, mivel az ellenőrzést végző személy elfáradhat a munka egyhangúsága miatt. Így a

leegyszerűbb esetektől eltekintve tévedhet annak megítélésében, hogy hibás-e a termék vagy sem.

A mintavételes ellenőrzés az ellenőrzés nélküli elfogadás és a teljes átvizsgálás között helyezkedik el, és Montgomery (1991) szerint a következő esetekben igen indokolt:

- ha a vizsgálat roncsolásos;
- amikor a 100%-os ellenőrzés nagyon drága lenne, vagy a gyártási és értékesítési folyamatot súlyosan késleltetné;
- ha a 100%-os ellenőrzés hiba-aránya az emberi tévedések lehetősége miatt elég magas ahhoz, hogy a sokelemű tételnél a hibás elem átengedésének kockázata nagyobb legyen, mint a mintavételes ellenőrzésnél;
- ha a beszállító minőség-története jó, ezért a korábbi 100%-os ellenőrzést enyhíteni akarjuk, de az ellenőrzés teljes mellőzése nem lenne megnyugtató;
- ha a termékfelelősség súlyos (pl. gyógyszer, egészségügyi eszköz), a mégoly kiváló képességű beszállítói folyamat ellenére a termék folytonos figyelemmel kísérése elengedhetetlen.

A 100%-os ellenőrzéssel összehasonlítva a mintavételes ellenőrzés előnyei a következők:

- rendszerint kevésbé költséges, mivel kevesebb elemet kell megvizsgálni;
- a terméket kevésbé bolygatják, ezért kisebb a sérülés veszélye;
- roncsolásos vizsgálatnál is alkalmazható;
- kisebb erőforrás-igénnyel elvégezhető;
- gyakran lényegesen csökkenti az ellenőrzési hiba arányát;
- az egész tétel visszautasítása (ahelyett, hogy a kiválogatott hibás elemeket küldenénk vissza) a szállítót jobban rászorítja a minőség javítására.

Természetesen a mintavételes ellenőrzésnek hátrányai is vannak a 100%-os átvételi ellenőrzéssel szemben:

- a mintavételi véletlen következtében van esélye annak, hogy jó tételt visszautasítsunk (elsőfajú hiba) és rossz tételt átvegyünk (másodfajú hiba);
- kevesebb információhoz jutunk a termék (illetve az azt előállító gyártási folyamat) statisztikai tulajdonságairól;
- tervezést és gondos dokumentálást igényel.

Az utolsó pont nemcsak hátrány, hanem előny is, mert éppen a tervezéshez jól meg kell ismernünk és értenünk a vevő minőségi igényeit, és ez gyakran hasznos kiindulási pontja a minőségfejlesztési tevékenységnek.

9.1. Alapfogalmak

9.1.1. A szállító és a vevő kockázata, jelleggörbe

A mintavételes ellenőrzési eljárás hipotézisvizsgálat: a tételre (a valószínűségszámításban szokásos elnevezés szerint sokaságra) vonatkozó feltételezés elfogadásáról vagy elutasításáról döntünk a minta alapján. A nullhipotézis a sokaság (tétel) valamely paraméterére vonatkozik, pl. a selejtes egyedek p arányára. Mint általában a statisztikai próbánál, kétféle hibát követhetünk el. Elsőfajú hibát akkor vétünk, ha egy tételt visszautasítunk, pedig megfelelő. Ennek valószínűségét nevezik a szállító kockázatának (producer's risk). A másodfajú hiba az, ha a tételt átvesszük, pedig nem megfelelő. Ennek valószínűségét nevezik a vevő kockázatának (consumer's risk). Az ellenhipotézis itt egyoldali (a selejtarány nagyobb a megengedettnél), mert az előírtnál jobb minőségű terméket természetesen át kell venni.

Leggyakrabban éppen a selejtarányt vagy a 100 egységre eső hibák számát ellenőrzik, ezért ebben az általános fejezetben ezt az esetet használjuk az alapfogalmak bemutatására. Az ellenőrzésre olyan eljárást kell használni, amelynél a megfelelő tétel átvételének valószínűsége nagy (az elsőfajú hiba valószínűsége kicsi), a nem megfelelő tétel átvételének valószínűsége (a másodfajú hiba valószínűsége) viszont elegendően kicsiny.

9-1. példa

Legyen egy tétel (sokaság) $N=1000$ elemű, és benne a selejtes elemek aránya $p=0.01$ (1%). Ez azt jelenti, hogy a tételt kitevő 1000 darabból 10 selejtes. A tételből 80 elemű mintát veszünk. Mi a valószínűsége annak, hogy a minta minden eleme hibamentes legyen, illetve 1, 2, 3 vagy több hibásat találjunk?

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

9-1. táblázat

| k | $p=0.01$ | | $p=0.05$ | |
|-----|---|----------------------|--|----------------------|
| | $P(D = k)$ | $F(k) = P(D \leq k)$ | $P(D = k)$ | $F(k) = P(D \leq k)$ |
| 0 | $\binom{80}{0} \cdot 0.01^0 \cdot 0.99^{80} = 0.4475$ | 0.4475 | $\binom{80}{0} \cdot 0.05^0 \cdot 0.95^{80} = 0.01652$ | 0.01652 |
| 1 | $\binom{80}{1} \cdot 0.01^1 \cdot 0.99^{79} = 0.3616$ | 0.8091 | $\binom{80}{1} \cdot 0.05^1 \cdot 0.95^{79} = 0.06954$ | 0.08606 |
| 2 | $\binom{80}{2} \cdot 0.01^2 \cdot 0.99^{78} = 0.1443$ | 0.9534 | $\binom{80}{2} \cdot 0.05^2 \cdot 0.95^{78} = 0.14457$ | 0.23063 |
| 3 | $\binom{80}{3} \cdot 0.01^3 \cdot 0.99^{77} = 0.0379$ | 0.9913 | $\binom{80}{3} \cdot 0.05^3 \cdot 0.95^{77} = 0.19783$ | 0.42846 |

| | | | | |
|---|---|--------|--|---------|
| 4 | $\binom{80}{4} \cdot 0.01^4 \cdot 0.99^{76} = 0.0074$ | 0.9987 | $\binom{80}{4} \cdot 0.05^4 \cdot 0.95^{76} = 0.20043$ | 0.62889 |
|---|---|--------|--|---------|

Annak valószínűsége, hogy a mintában 3 vagy több hibás darabot találjunk:

$$P(D \geq 3) = 1 - P(D < 2) = 1 - F(2) = 0.0466.$$

9-2. példa

Az átvételi előírás a 9-1. példában vizsgált tételre úgy szól, hogy fogadjuk el a tételt, ha a selejtes darabok száma 2 vagy kisebb, és utasítsuk vissza, ha annál nagyobb. Ezt a határt nevezik elfogadási határnak vagy átvételi számnak, és c -vel (ill. a szabvány táblázataiban A_c -vel) jelölik.

Mi a valószínűsége annak, hogy visszautasítsunk egy tételt, amelyben $p=0.01$, vagyis mekkora az elsőfajú hiba α valószínűsége?

Számítsuk ki azt is, hogy mi a valószínűsége egy olyan tétel elfogadásának, amelyben a feltételezett $p=0.01$ helyett $p=0.05$, vagyis mekkora az ilyen eltéréshez tartozó másodfajú hiba β valószínűsége!

$$H_0: p = p_0 = 0.01$$

$$H_1: p = p_1 = 0.05$$

Az elsőfajú hiba valószínűsége:

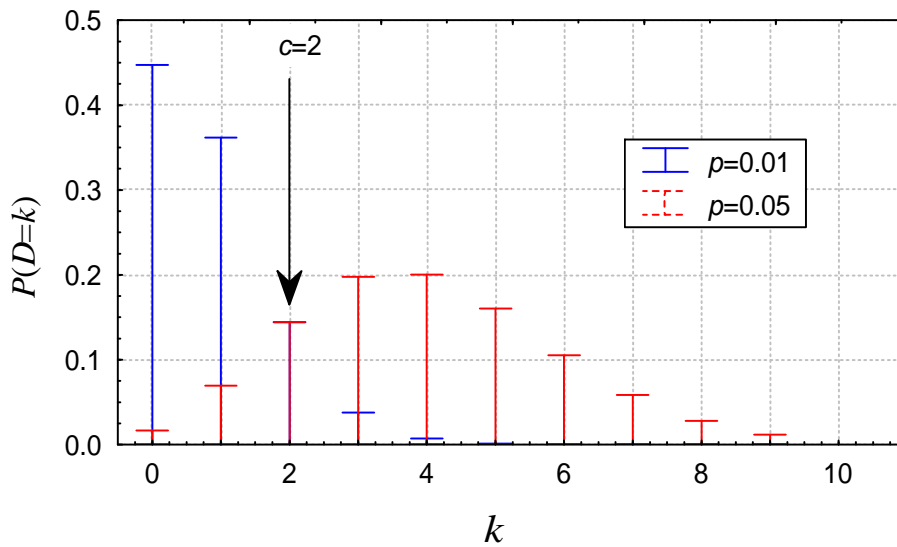
$$\alpha = P(D > 2 | p_0) = 0.0466$$

vagyis ezer ilyen döntési helyzet közül 47 esetben helytelenül visszautasítanánk a tételt.

A másodfajú hiba valószínűsége:

$$\beta = P(D \leq 2 | p_1) = F(2 | p_1) = 0.23063.$$

A $H_0: p = p_0 = 0.01$ nullhipotézis és a $H_1: p = p_1 = 0.05$ ellenhipotézis érvényessége esetére a 9-1. ábra mutatja a sűrűségfüggvényt.



9-1. ábra. A selejtes darabok számának sűrűségfüggvénye a nullhipotézis és az ellenhipotézis érvényessége esetén. A nyíl a $c=2$ elfogadási határt jelöli

9-3. példa

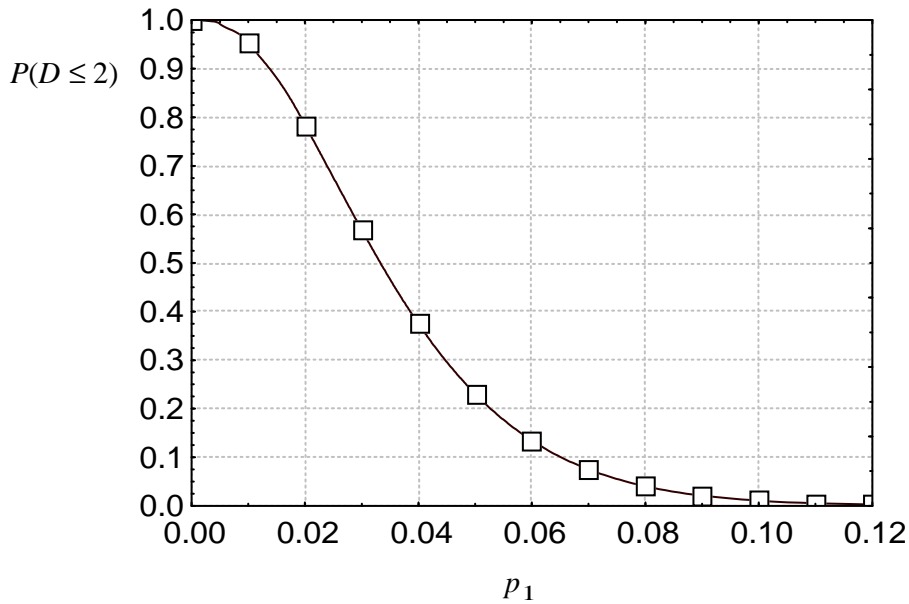
Számoljuk ki a tétel elfogadásának P_a valószínűségét különböző p értékekre, és rajzoljuk meg belőle a működési jelleggörbét!

A 9-2. ábra és a 9-2. táblázat mutatja a $P_a = P(D \leq 2)$ valószínűséget, ez éppen a másodfajú hiba β valószínűsége, ha $p=p_1 > p_0$.

Természetesen $P_a = P(D \leq 2) = 1.0$, amikor $p=0$, mert ekkor biztosan nem találunk selejtes elemet a mintában.

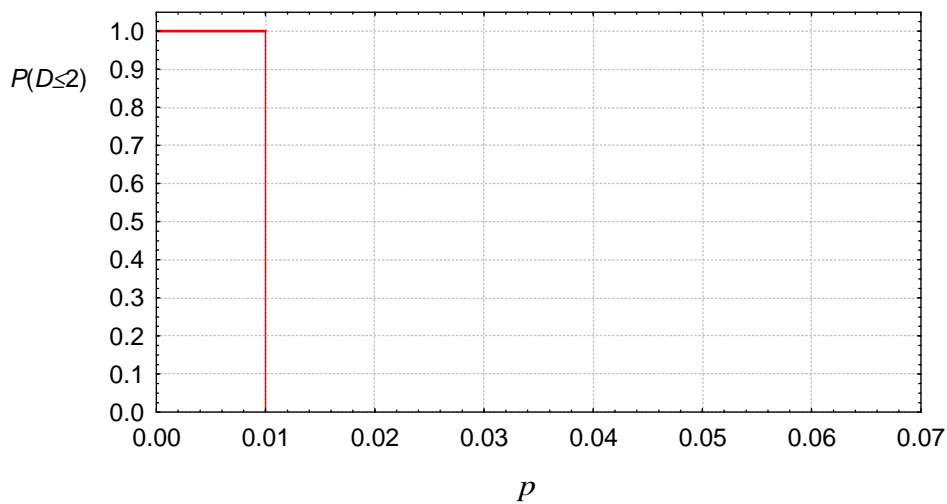
9-2. táblázat

| p | $P_a = P(D \leq 2)$ |
|------|---------------------|
| 0.00 | 1.00000 |
| .01 | .95345 |
| .02 | .78442 |
| .03 | .56812 |
| .04 | .37497 |
| .05 | .23062 |
| .06 | .13445 |
| .07 | .07503 |
| .08 | .04038 |
| .09 | .02106 |
| .10 | .01068 |
| .11 | .00529 |
| .12 | .00256 |

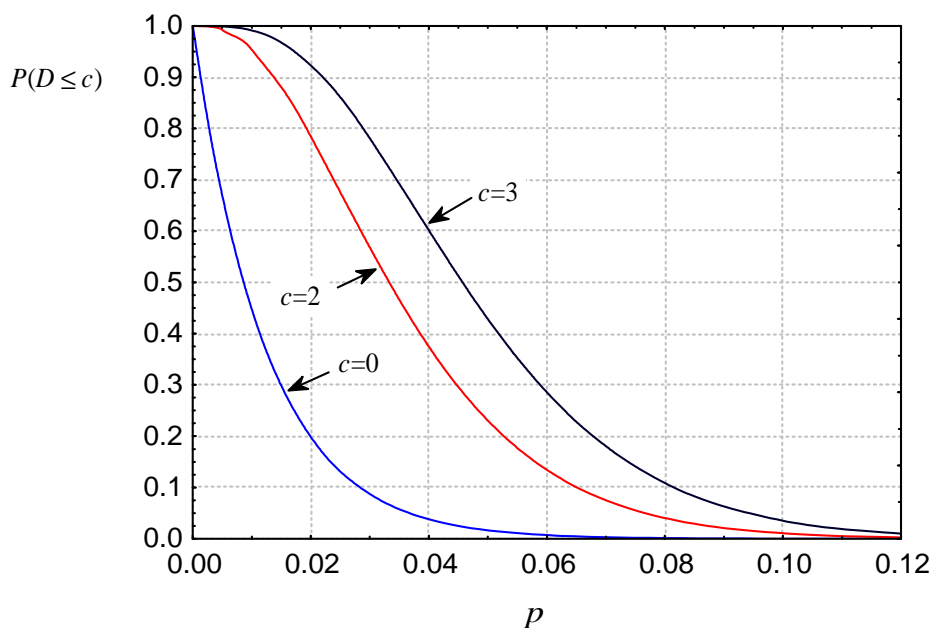


9-2. ábra. Működési jelleggörbe a 9-3. példához

A működési jelleggörbe menete függ az n mintaelemszámtól és a c elfogadási határtól. A mintaelemszám növelésével egyre meredekebb lesz a görbe. Könnyű belátni, hogy amennyiben a tétel minden elemét megvizsgálánk ($n=N$), a másodfajú hiba valószínűsége zérus lenne, mert nem fordulhatna elő, hogy a tételben a selejtes darabok arányát nem jól kapnánk meg. Az elsőfajú hiba valószínűsége is zérus lenne, mert nem fordulhatna elő, hogy visszautasítunk egy tételt, mert azt hisszük, hogy több benne a selejt. Ez a működési jelleggörbén úgy mutatkoznék, hogy $P_a = P(D \leq 2) = 1$ lenne, amikor $p \leq p_0$, és $P_a = \beta = 0$, amikor $p_1 > p_0 = 0.01$ (9-3. ábra).



9-3. ábra. A 100%-os átvételi ellenőrzés jelleggörbéje



9-4. ábra. Működési jelleggörbe különböző c elfogadási határokkal, 80 elemű mintára

A c elfogadási határtól való függést mutatja a 9-4. ábra, amely a jelleggörbe (OC-görbe) $c=0$, $c=2$ és $c=3$ értékre. Az OC-görbének $c>0$ esetekben inflexiója van, és c növelésével egyre lankásabbá válik. A $c=0$ esetben (tehát amikor csak a hibamentes minták alapján fogadnánk el a tételleket), az inflexió eltűnik, és igen meredekké válik a görbe. Látható, hogy a $c=0$ elfogadási határt még kis selejtarány esetén is jelentős valószínűséggel túllépjük, azaz meglehetősen sokszor fordul elő, hogy indokolatlanul visszautasítunk egy tételt. Például amennyiben a tételbeli selejtarány $p=0.01$, annak valószínűsége, hogy a tételt elfogadjuk (azaz az $n=80$ elemű mintában a selejtes elemek D száma nem haladja meg a $c=0$ elfogadási határt), az ábra szerint 0.45. Ez azt jelenti, hogy 55% valószínűséggel visszautasítjuk a tételt. Másképp fogalmazva, az esetek 55%-ában akkor is visszautasítjuk a tételt, ha az elfogadható (a nullhipotézis szerinti) tételbeli selejtarány $p_0=0.01$ vagyis elsőfajú hibát követünk el. Ezért, ha lehet, kerülni kell a $c=0$ elfogadási határ alkalmazását.

A mintavételes átvételi ellenőrzési eljárás megkülönböztető képessége (a rossz – a nullhipotézisnek nem megfelelő – tétel és a jó – a nullhipotézisnek megfelelő – tétel közötti különbség észrevételének biztonsága) annál jobb, minél meredekebb az OC-görbe.

9.1.2. A mintavételi vagy ellenőrzési terv fogalma

Egy mintavételi tervet az alkalmazó szempontjából három adat jellemez:

- a tétel N elemszáma,
- a minta n elemszáma,

- a c elfogadási határ.

A tétel adott elemszámához ezeket a következő adatok határozzák meg:

- az elsőfajú és másodfajú hiba megengedett valószínűsége (α és β),
- a tétel elfogadható (nullhipotézis szerinti) p_0 selejtaránya, más néven átvételi hibaszint (*AQL*: acceptable quality level),
- azon ellenhipotézis szerinti p_1 selejtarány (elutasítási hibaszint), amelyre a megadott β vonatkozik (*RQL*: rejectable quality level; *LTPD*: lot tolerance percent defective).

Az N elemű tétel elfogadásának valószínűsége adott n , c és p mellett, ha $N \gg n$ (azaz elhanyagolhatjuk, hogy a mintát visszatevéssel vagy anélkül vették-e):

$$P_a = \sum_{i=0}^c \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i}.$$

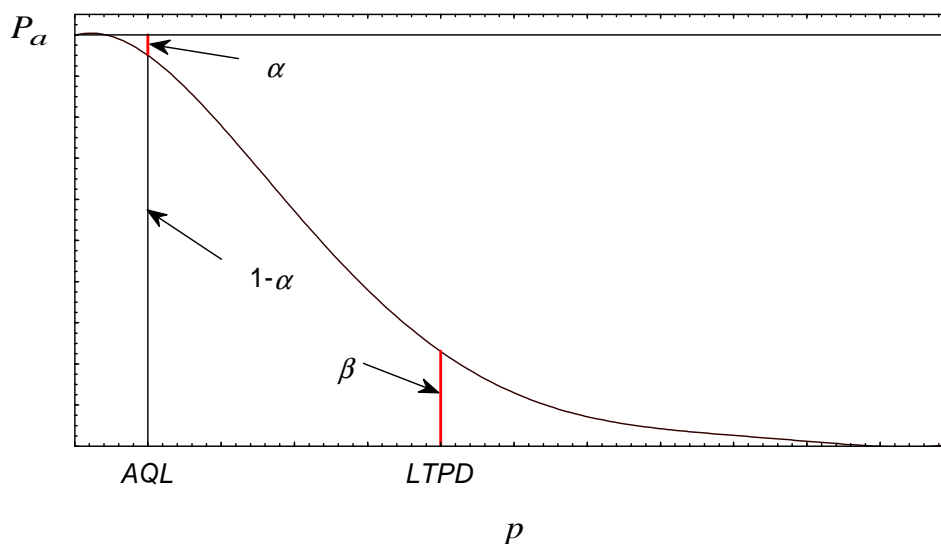
Az elfogadási valószínűség a nullhipotézis érvényessége esetén, vagyis ha $p=p_0$:

$$P_a(p = p_0) = \sum_{i=0}^c \binom{n}{i} p_0^i (1-p_0)^{n-i} = 1 - \alpha.$$

Az ellenhipotézis ($p=p_1$) érvényessége esetén:

$$P_a(p = p_1) = \sum_{i=0}^c \binom{n}{i} p_1^i (1-p_1)^{n-i} = \beta.$$

A fogalmakat szemlélteti a 9-5. ábra.



9-5. ábra. Átvételi hibaszint (*AQL*), elutasítási hibaszint (*LTPD*), a vevő és a szállító kockázata

Ha olyan tervet kell készítenünk, amelyre α és β adott elég kicsiny érték, a veendő minta n elemszámát és a c elfogadási határt a P_α -ra fölírt két előbbi egyenletből álló egyenletrendszer megoldásával határozhatjuk meg. Az egyenletek nemlineárisak, ezért csak numerikusan oldhatók meg. A megoldásra nomogramokat is készítettek (Banks, 1989), de a modern statisztikai programok is elvégzik a számításokat és szolgáltatják a kívánt tulajdonságú tervet. Az így előálló ellenőrzési tervet kétpontosnak nevezik (Sarkadi, Vincze, 1974), mert a működési jelleggörbe két pontját rögzítik.

A 10. fejezetben bemutatjuk a módszerek alkalmazását segítő szabványos táblázatokat, ezek egyponosak, mert az elsőfajú hiba megengedett valószínűségét kötik meg, a másodfajú hiba valószínűségére más megfontolásokat érvényesítenek.

9.2. A mintavételi tervek rendszerezése

9.2.1. Minősítéses és méréses átvételi ellenőrzés

Az átvételi ellenőrzéseket megkülönböztetjük azok *minősítéses* vagy *méréses* jellege szerint. Ha a mintában megszámláljuk azokat az elemeket, amelyek nem rendelkeznek az általunk meghatározott tulajdonságokkal, és ezek száma alapján döntünk a tétel elfogadhatóságáról, akkor minősítéses ellenőrzést hajtunk végre. Ha a minta összes elemén egy adott mérőeszköz segítségével megmérjük az általunk vizsgált jellemzőt, és a mért értékek vagy azok statisztikai (például átlaga) alapján döntünk, akkor méréses ellenőrzésről beszélünk. (Azt az eljárást, amelyben a minta elemeit lemérjük, és ennek alapján minősítjük azokat, a módszer méréses jellege ellenére a minősítéses átvételi ellenőrzés körébe soroljuk.)