

# Kriminalisztikai valószínűségi becslés Bayes-hálókkal

**ORBÁN József**

*A valószínűségi problémamegközelítés egyre szélesebb körben terjed a kriminalisztika elméletében. A Bayes-tétel komplex formában jelenik meg a Bayes-háló alkalmazásakor, amely már bonyolultabb tények, sok bizonytalanság együttes kezelésére is képes, ezért gyakorlati kriminalisztikai létjogosultsága megalapozottan nem kérdőjelezhető meg. A tanulmány a szakirodalmi példák mellett egy saját korábbi, fiktív eseten keresztül mutatja be a Bayes-háló gyakorlatra kivethető használatát.*

A magyarországi szakmai körök a kriminalisztikát három részre tagolják: krimináltechnikára, krimináltaktikára és kriminálmotodikára.<sup>1</sup> A kriminalisták munkája a bizonyítékok megszerzését, a vélelmezett elkövető elfogását, a bizonyítékok súlyának és relevanciájának becslését, továbbá mindezek rendszerezett és előfeldolgozott formájú átadását foglalja magában. A bizonytalanság a munka minden fázisában érzékelhető, és a kriminalista sikeressége a bizonytalanság feletti győzelmét is jelenti. A Shannon-Weaver-féle információelméleti tanulmányt átültetve felfogható a kriminalistamunka úgy is, hogy a bűncselekmény bekövetkeztekor a rendelkezésre álló információt kódolták, zajt keverték hozzá, s az ő feladata az adatok megtisztítása a zajtól és a tiszta adattöredékek dekódolása.<sup>2</sup>

Igen képszerű Fenyvesi vázamodelleje,<sup>3</sup> amely az összetört váza cserepeinek újrargasztásának metaforájával szemlélteti a kriminalista munkáját. Ez megfelel a kevert információ dekódolásának, de ahogy a régész is megtisztítja a feltárásban fellelt cserépdarabokat a rájuk rakódott szennyeződéstől, úgy kell feldolgozás előtt az információt szeparálni a zajtól. Járulékosan, de nem mellékesen, a kriminalistákkal szemben támasztott igényeket is érdemes felsorolni a teljesebb kép érdekében, úgymint a gyorsaság, a költséghatékonyság és a bizonyítékok érthető demonstrációja. Ez a kriminalisták számára új, de indokolt kihívást jelent. A technikai eszközök fejlődése – különösen az infokommunikáció forradalmára visszavezethető területeken – soha nem látott mértékű. Módszertani, stratégiai, taktikai ismeretfeldolgozási területen hasonlóképp kellene a fejlődést támogatni, és az új módszerek bevezetését kezdeményezni.

Az ismeret- és információfeldolgozási területen sok országban történtek érdemi lépések, bár ezek legtöbbször csak az eddig megszokott adminisztráció gépesítésére szorítkozott, így forradalmi változásról csak jóindulattal lehet beszélni. Ennek ellenére a

1 Tremmel et al. (2005) 36.

2 Shannon-Weaver (1963) 7.

3 Fenyvesi (2013)

változások kézzelfogható eredménye nem vitatható, s inkább hangsúlyozni kell, hogy a módszertani tudományos eredmények további átvételét támogatni szükséges. A valószínűségi szemlélet a kriminálisztikában és a büntető eljárásjogi folyamatokban gyakran olyan kifejezések használatával merül ki, mint „vélelmezett”, „feltehetően”, „gyanú” és még sorolhatnánk mindazon szavakat, amelyek használójuk bizonytalanságát és kétségeit reprezentálják. Való igaz, hogy amíg a szakértő, az ügyész és a védő számára megengedett ezen kifejezések használata, a bírói verdikt nem tartalmazhat mást, mint fekete-fehér megnyilvánulásokat, úgymint bűnös vagy nem bűnös. Talán ezzel is magyarázható a bírák távolságtartása a valószínűségi értelmezések jogi használatánál, hiszen miközben a szakértő, az ügyész és a védő a valószínűsítési fogalomban inherensen benne rejlő tévedést megengedi, addig az ítélet nem teszi lehetővé ezt, így a bírákra hárul a tévedés felelőssége azokról, akik az információt hordozó tényeket szolgáltatották nekik.

Az eddigi hezitálás megértése mellett is kimondható, hogy a jövő egyik jelentős kihívása a bírák szemléletváltásának elérése lesz. Az ítélet helyessége vagy a benne rejlő esetleges tévedés az elégtelen információhalmazra vezethető vissza. A DNS-mintákkal történő – bizonyosnak vélelmezett – azonosítás esetében is történtek már hibás ítéletek (justizmord, miscarriage of justice), de számos alkalommal bebizonyosodott, hogy a perújrafelvételig bekövetkezett technikai és technológiai fejlődés volt az, ami a merőben más kimenetelű, új ítélet jogszerűségét megalapozta. Ez rámutat arra is, hogy a korábbi ítélet a korábbi ismert tényállás alapján helyes döntést reprezentált. A kriminológusok által használt gyakorisági valószínűség nagyszámú megfigyelésen alapul, s ennek ellenére mégis produkálhat meglepetéseket. A kriminálisztikában, egyedi esetekről lévén szó, sokkal nagyobb a kihívás. Egy konkrét tényről, tényállásról, gyanúsítottorról kell valószínűsíteni állításokat, a lehető legkisebb hibával. Ezt a matematika valószínűség-számítási ágában szubjektív, s első megfogalmazójának nevéhez kötve bayesi valószínűségnek nevezik.

A 18. században élt teológus-matematikusként Bayes posztumusz publikált tanulmányának alappondolata 1763 óta nagy ívű pályát futott be a természettudományokban.<sup>4</sup> Mára már nem a problémafelvetést megfogalmazó Bayes-tételt alkalmazzák, hanem annak továbbgondolt változatait, melyek közül a teljesség igénye nélkül megemlíthetjük a bayesi statisztikát, a bayesi adatelemzést, a bayesi döntéseméletet, a bayesi érvelést, a bayesi hierarchikus módszereket, a bayesi mesterséges intelligenciát, a bayesi becsléseméletet, továbbá a Bayes-hálókat. A Bayes-háló kriminológiai, kriminálisztikai kutatása és alkalmazása teret nyert a tengerentúlon, valamint a távol-keleti régiókban, így – csak néhány példát említve – az Egyesült Államok,<sup>5</sup> Brazília<sup>6</sup> vagy Hongkong<sup>7</sup> kutatási központjainak publikációiban is helyet kapott. A lista pedig a szemlélet térhódításával folyamatosan bővül. Jelen tanulmány a szakirodalom áttekintése után a Bayes-háló kriminálisztikai alkalmazását saját példával is demonstrálva vizsgálja meg.

4 Bayes (1763) 370–419.

5 Hepler (2005)

6 Carvalho et al. (2013)

7 Kwan et al. (2007)

## A szubjektív valószínűségtől a Bayes-hálókig. A Bayes-módszerek jogosultsága a kriminálisztikában

A gyakorisági valószínűség valamely eseményhalmaz kombinációinak részhalmazából következtet egy esemény bekövetkezésének valószínűségére. Fenyvesi alapján Tremmel megfogalmazásában a terhelt bűnösségének esélye egyenlő azzal a hányadossal, amely a vizsgált bizonyíték keletkezésének valószínűségét tartalmazza abban az esetben, ha a terhelt bűnös, és ha nem, s ezt szorozzák azzal a valószínűséggel, amely a terhelt bűnösségi esélyét adta meg e bizonyíték ismerete előtt.<sup>8</sup> A kriminológus (nem kriminalista!) szemével a gyűjtött mintákból, a bűnözési statisztikákban megadott eloszlási adatokból következtetni lehet rá, hogy adott időben, helyen milyen jogellenes cselekmény bekövetkezése várható, s ennek alapján milyen megelőző intézkedés fogantatható a bűnözési statisztika javítása érdekében. Ez esetben a számítások objektív elveken – már amennyire filozófiailag ez nem cáfolható – alapulva nagy valószínűséggel reprodukálható eredményt és eredményességet szolgáltatnak. A szubjektív valószínűség mindig hipotéziseken alapul, s a valószínűséget az adott tényre, tényállásra vonatkozó hipotézishalmazhoz kötik. Az eredmények annál közelebb kerülnek a valósághoz, minél helyesebb a hipotézishalmazok meghatározása. A hipotézishalmazok annál jobb következtetések levonását teszik lehetővé, minél több tényen alapulnak. Ezek a tények lehetnek gyakorisági statisztikából származó és megfigyelésen alapuló adatok. Egy adott tényállást tekintve ilyen adatok lehetnek a bűnözői profilból származó információk, a bűnözői kapcsolatok térképe és az egyes kapcsolódási pontok erőssége, a cselekmény elkövetési helyének kultúrája, s a sor tovább folytatható.

A nyomozási cselekmények során a kriminalista számos feltételezéssel él még a bizonyosnak tekintett tények esetében is, mégpedig azzal, hogy az adott partikuláris ténynél hipotézise szerint annak megbízhatósága közelít a száz százalékhoz. A J. F. Kennedy-merénylet kapcsán mindmáig sok, egymásnak ellentmondó hipotézist állítanak fel s cáfolnak meg. A sokáig kérdéses első lövéshez tartozó hiányzó lövedéket megmagyarázó forgalmi jelzőlámpa csak sok évvel a cselekmény után került elő egy hulladéktelepről, teljesen épen, s ez az eltelt hosszú idő miatt egyaránt jelenthet szerencsés és egyben zseniális nyomozást vagy gyártott bizonyítékot.<sup>9</sup> Ez jó példa arra, hogy egy nagy nyilvánosság előtt elkövetett bűncselekmény esetében is, az igen nagy számú közvetett és közvetlen bizonyíték ellenére, számos elkövetési forgatókönyv felállítható: a magányos elkövetőtől kezdve az összeesküvésben hívők alvilági leszámolási hipotéziséig. Konkurráló hipotézishalmazok adnak magyarázatot az ügy hátterére, s ez jelentheti egy vagy több perdöntő bizonyíték tényleges hiányát vagy elhallgatását.

Hasonló példaként hozható fel a spanyolországi vonatrobbanás esete, ahol ujjnyomtörredék alapján tett az amerikai nyomozó hatóság egy teljesen bizonyosnak hitt,

8 Tremmel et al. (2005) 291.

9 A vizsgálati vélelem szerint a hangfelvételeken rögzített, de fel nem lelt lövés nyomát keresve találták a bizonyítékot.

de később valós tényekkel cáfolt állítást.<sup>10</sup> Az esetekből levonható, idevágó következtetés, hogy amíg konkuráló hipotézisek megállják a helyüket, addig nem tekinthető a tényállás feltártnak, a hipotézishalmaz elemei közül egy vagy akár több is hibás, esetleg hiányzó láncszemek várnak felderítésre. A szubjektív valószínűség számításában a hipotézisek helyes állítása, és azok validálása a modellépítésben rendkívüli fontosságú. A helyesen felállított modell a folyamatos finomítások eredményeképp elvezethet oda, hogy tényállásfajtánként is meghatározható lesz, vezetőfonalat nyújtva a kriminalistának az aktuális eset adathalmazának útvesztőjében. Kaye<sup>11</sup> 2011-ben hívta fel a figyelmet a Bayes-módszer jogi tévedéseket csökkentő hatására, továbbá újra idézte Ronald Allen professzor 1997-ben megfogalmazott szavait, aki azt – mint segítő eszközt – melegen ajánlotta a jogászoknak. A mesterséges intelligencia és a Bayes-módszerek kapcsolata szoros, hiszen a Bayes-háló fejlődése is megvalósítható öntanuló rendszereken keresztül. Számos alkalommal, s így ehelyütt is hangsúlyozom, a mesterséges intelligencia<sup>12</sup> alkalmazása támogató és nem helyettesítő szereppel bír a kriminalista munkájában.

## A Bayes-tétel, az esélyek aránya és a Bayes-háló

Mint korábban említettem, a Bayes-tétel az alapja a belőle származó különféle bayesi megközelítéseknek, melyekről érdemes ehelyütt szót ejteni. A  $H$  hipotézis (hypotesis) felállítása az adott  $E$  bizonyíték (evidence) ismeretén alapszik, amely matematikai formában a  $P(H,E) = P(H)P(E|H)$  valószínűségi (probability) modellnek felel meg. Figyelembe véve, hogy a kriminálisztikában nem a hipotézis, hanem a bizonyíték valószínűségének meghatározása a feladat, ezért a megközelítést át kell fogalmazni. A valószínűségek szorzása felcserélhető, így az összefüggést továbbgondolva a  $P(H,E) = P(H)P(E|H) = P(E)P(H|E)$  egyenlőséget kapjuk. Ezt a  $P(H)$  hipotézis valószínűségével osztva a  $P(E|H) = P(E)P(H|E)/P(H)$  eredményt kapjuk, azaz a Bayes-tétel

10 A 2004-es madridi bombatámadás gyanúsítottjaként a közreműködésre felkért amerikai hatóságok az FBI által használt automatikus ujjnyomat-azonosító rendszer (IAFIS) alapján Brandon Mayfieldet száz százalékos bizonyossággal azonosították. Az FBI elfogulatlannak nem tekinthető jelentése az ujjnyomatvizsgálatot validálnak tekintette azzal, hogy Mayfield amerikai születésűként felvette az iszlám hitet, és ráadásul egyiptomi feleséget választott. Szerencsés folyománya az esetnek, hogy a kategorikus FBI-kijelentés ellenére a Spanyol Nemzeti Rendőrség kriminalistái a tényfeltárást tovább folytatták, és azonosítottak egy másik gyanúsítottat, aki ellen egyéb valós bizonyítékok is szóltak.

11 Kaye (2000)

12 A mesterséges intelligencia fogalma – megítélesem szerint – a mai lehetőségek között nem fedi le azt a köznapi, de időnként tudományos körökben is hallható elvárás, amit a neve sugall. Összehasonlításként: az emberi intelligencia az agy részben tanult, részben pedig az adott egyedre jellemző, információval kapcsolatos felismerési, tárolási, előhívási, társítási, következtetési és döntésoptimalizálási, továbbá a döntés következményeiből születő tapasztalatfeldolgozási képességek bonyolult rendszere. A mesterséges intelligencia a felsorolt tulajdonságok egy részének számítógépbe való kódolását jelenti, s azt a képességet, hogy a mesterséges intelligencia jelzőjével felruházott eszköz korlátozott mértékben képes emberinek látszó döntéseket hozni, továbbá a környezetből érkező jelek tárolásával, s azok újbóli megjelenésekor az azonosítás képességével az intelligencia látszatát kelteni. Még egy olyan egyszerű feladat is, mint a számítógép helyesírás-ellenőrzője – kétségtelenül nagy haszna ellenére – időnként megmosolyogtató vagy bosszantó javaslatokkal él, nem is beszélve a szövegértelmezési képesség hiányáról vagy a webes fordítási szolgáltatásokról.

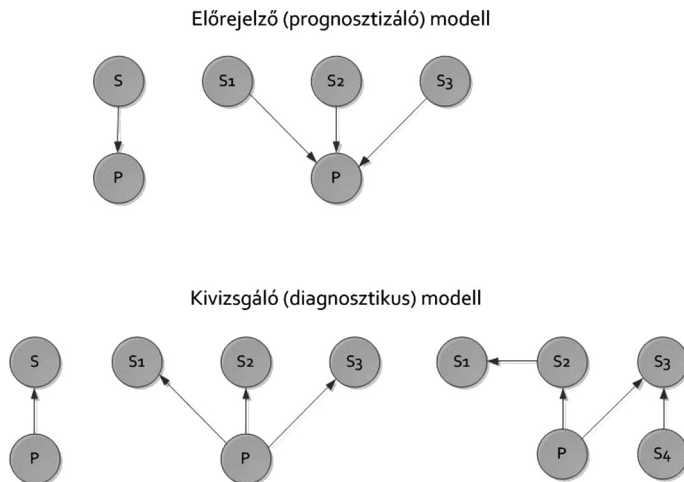
jelenik meg.<sup>13</sup> A bizonyíték hihetőségének fokát a bizonyíték valószínűsége, valamint a bizonyíték hipotézistől függő valószínűsége és a hipotézis valószínűségének hányadosa adja meg. Itt a  $P(H|E)$  a posteriori valószínűség, amely megmutatja, hogy mekkora a hipotézis valószínűsége, amennyiben adott bizonyíték jelen van.

A kriminalistától talán elvárható, de az ügyész és a bíró esetében kevésbé feltételezhető, hogy örömmel venne egy hosszúságos matematikai fejtegetést, ezért sokkal kedvezőbb egy olyan formula használata, amely egyszerűen szemlélteti a bizonyíték relevanciáját. Egyszerűen fogalmazva az esélyek arányának is nevezhető „likelihood ratio” (LR vagy  $\lambda$ ) az adott bizonyíték hihetőségének és kizártságának hányadosa, amely a lóversenyek, valamint a fogadóirodák látogatói számára is ismert megközelítés. Számítása az esemény bekövetkezési valószínűségének és be nem következésének hányadosa:  $\{\lambda = p/(1-p)\}$  – hangsúlyozandó – egy adott hipotézis mellett! A döntési kérdésekben a kritikus pont annak a bizonytalanságnak a meghatározása, ami még elfogadható. Az elfogadhatósági kritérium szubjektív, s megítélésem szerint csak a döntéshozónak lehet joga és felelőssége, hogy ügghöz kötötten utólagosan módosítsa azt.

A későbbi reprodukálhatóság érdekében kerülni kell a kritériumok utólagos változtatását a kivizsgálási ügyekben. Amennyiben valamely, korábban nem ismert tény felmerülése azt indokoltá teszi, úgy kivételesen, jól dokumentáltan, s lehetőség szerint validálási folyamaton keresztül megtehető. Az elfogultság gyanújának elkerülése érdekében büntetőügyekben a kriminalista a konkrét üggyel független küszöbértékkel számolhat, s a tények mérlegelése vagy figyelmen kívül hagyása bírói feladat. A likelihood ratio kritikus értéke ( $\lambda_c$ ) a likelihood ratióknak, valamint a téves elvetés okozta kár és a téves elfogadás okozta kár hányadosának a szorzata.<sup>14</sup> Szemléltetve: minél több a bizonyíték mellett szóló érv, és minél kevesebb az annak kizártságát alátámasztó indok, annál hihetőbb, hogy a bizonyíték helyes. Könnyen belátható, hogy ha a hányados egy, az teljes bizonytalanságot jelent. Az egynél nagyobb hányados a bizonyíték erősségét, az egynél kisebb pedig a nulla felé közeledve egyre erősebb kizártságot mutat.

13 Kwan et al. (2007)

14 Korn–Korn (1975) 534–535.



1. ábra: A Bayes-háló alapelemei

A Bayes-háló olyan numerikus és grafikus eszközök, amelyekkel a csomóponti esélyeken alapulva a háló kimeneti pontjain elhelyezkedő következménybizonyítékok és tények bekövetkezési valószínűségét adja. A Bayes-háló alapformáinak készlete Sebastiani és Perls genetikai tanulmányából kiindulva az 1. ábrán tekinthető át.<sup>15</sup> A Bayes-háló definíciószerűen egy irányított körmentes gráf, amelynek csúcsai valószínűségi változók. A csúcsokat összekötő élnek nevezett vonalak meghatározzák a függőségi, más néven a származási viszonyt. Képszerűen: az él forrása a szülő, a leszármazója pedig a gyermek. Ahogy a valós életben a gyermek öröklí szüleinek génkészletét, úgy hat a Bayes-háló gyermekeire szülei tulajdonsága. (A biológiai hasonlaltal szemben egy gyermeknek lehet kettőtől eltérő szülője is. Tetszőleges számú szülőnek lehet tetszőleges számú gyermeke is.) Ez matematikailag a valószínűséget a következőképp határozza meg szavakkal leírva:  $P(\text{Élek} | \text{Szülők}(\text{Élek}))$ . A csomópontban a  $P$  az egyed fizikai megjelenését, úgymint szemszín, bőr stb., az  $S$  a genetikai tulajdonságokat és/vagy a környezeti változókat jelöli. A kriminológiai jelentőséggel is bíró előrejelző (prognosztizáló) modell az ismert valószínűségi értékek alapján megadja a kimenet várható értékét. A háló valamely elemének ismert értékkel való feltöltése csökkenti a lehetséges kimenetek számát, avagy nulla vagy egy értéke csökkenti vagy növeli a folyamat eshetőségét, úgymint a meghozandó intézkedés hatásának valószínűsíthető értékét.

Hasonlóképp a valószínűségi súlyozás rávilágít a fontos és a kevésbé lényeges elemekre, így erőforráshiánytól segít megbecsülni a hanyagolható tényezőket. A kivizsgáló (diagnosztikus) modellnél az egyedet ismerve következtethető ki annak genetikai tulajdonsága. A kriminalista szemével a jövőbe tekintve sejteni lehet, hogy a teljes humán genetikai térkép jövőbeli elkészülése után, a helyszínen talált, genetikailag elemezhető anyagmaradványokból személyleírás-szintű egyed-valószínűsítés készíthető. Az ilyen jövőbeli vélelmek esetén is szem előtt kell tartani Lombroso csapdájának

<sup>15</sup> Sebastiani–Perls (2008) 63.



lehetőségét, s a valószínűsítési vélelmek justizmordként megjelenő negatív példáit. Amennyiben a csomópontban számszerűen az élekhez tartozó feltételes valószínűséget táblázatban jelzik, úgy az esélyek alakulása csomópontról csomópontra követhetővé válik. A feltételes valószínűség táblázatára az „FVT” (az angol szakirodalomban: *Conditional Probability Table, CPT*) rövidítéssel hivatkoznak.

Javasolt először a kiindulási (input) csúcsok és az elvárt végeredményt tartalmazó terminálpontok kijelölése. Ezek után meghatározandók a gráf változói, valamint az egyes változók szülei és gyermekei. A csomópontokhoz ezt követően kell hozzárendelni a feltételes valószínűségi táblát. A kriminalista szemszögéből olvasva a fentieket: az inputpont az alaptényállás, a terminálpont az elvárt eredmény, a közbenső csomópontok a rendelkezésre álló és a nyomozati cselekmények során feltárt tények, az FVT-k azok valószínűségét, az élek pedig az oksági kapcsolati rendszert, azaz a tények közötti hierarchiát adják meg. Az FVT-kben szereplő értékek  $0 \leq P(A) \leq 1$  vagy  $0 \leq P(A) * 100 \leq 100\%$  közötti értéket vehetnek fel, de egy adott rendszerre vonatkozóan csak kizárólagosan választható egyféle lehet.

A Bayes-háló bemutatásának egyik klasszikus példájában a ház riasztója jelez, s ez betörés vagy földrengés miatt egyaránt történhet. A tulajdonost a szomszéd Mary és/vagy John telefonja tájékoztatja. Kriminalista szemmel nézve egy mozdulatlan test, mint tény, jelenthet halottat, ájultat, de akár tudatánál lévő mozgásképtelent is. A halott lehet bűncselekmény vagy öngyilkosság áldozata, vagy természetes halál elszenvedője. Ezért is helyes az a kriminalista gyakorlat, hogy akár politikai nyomás ellenében is igyekeznek elkerülni a véleményalkotást, amíg az ahhoz szükséges adatok nem állnak rendelkezésére. A Bayes-hálóban a változók lehetnek posteriori célváltozók, továbbá események alapján bizonyítékváltozók, avagy rejtett változók. Az összeköttetések, s ezzel együtt a vizsgálandó esetek száma kevesebb, mint a naiv közelítésű, hatványalapú megközelítés, mivel csak meghatározott lánc mentén kötődnek a csomópontok egymáshoz, és feltételesen függetlennek is kell lenni. A további elemzés előtt vizsgáljuk meg a fenti állításokat kriminalista szemmel. Amennyiben az eset tanúi barátok, rokonok, avagy egy érdekközösségnek a tagjai, úgy nem biztosított tanúvallomásuk függetlensége.

Az események a bűncselekménytől annak feltárásáig legalább időben egy irányba mutatva láncot képeznek. Vegyünk példaként egy lopási tényállást, ahol a cselekmény tárgya elkerül a tulajdonostól a tolvajhoz, aki valamilyen valószínűséggel vagy saját maga, vagy orgazda révén továbbértékesíti. Belátható, hogy az orgazda általi és a saját értékesítés egyszerre nem lehetséges, így egymást kizáróan feltételesen függetlenek egymástól. Egyszerűen belátható, hogy az orgazda nagyobb hatékonysággal képes továbbértékesíteni az eltulajdonított tárgyat, ezért értékes eszközök esetén, az elkövető üldözése mellett, a lehetséges orgazdák átvizsgálása is szükséges. Egy-egy ténynél az összefüggések belátása nem kihívás, sok változó ténynél, a lassú változások belátása is kezelhető, de amikor a kapcsolatrendszer bonyolult, és a változók száma nagy, vagy gyors változások következnek be, jelentős segítség lehet egy olyan eszköz, amely az események folyamában navigációs segítséget biztosít. Az alkalmazandó láncszabály figyelembevételével a teljes ügyre vonatkozó valószínűségi értékek:

$P(E_1, \dots, E_m) = P(E_1)P(E_2 | E_1)P(E_3 | E_2, E_1) \dots, P(E_m | E_{m-1}, \dots, E_1)$ , s ez jelzi a láncban szereplő valószínűségeket szorzatát. Az  $E_i$  bizonyíték feltételes függetlenségét az  $E_j$  bizonyítéktól  $E_k$  körülmények mellett  $E_i \perp E_j | E_k$  formában írhatjuk le. Tétélezzük fel, hogy két gyanúsított beleegyezésével fMRI vizsgálatot végzünk. A feltett általános kérdések során az agyi tevékenységek aktivitása mindkettőjük esetében állandó, míg egyiküknél a bűncselekményhez köthető egyedi tárgy bemutatása az agyi folyamatokban gyors változást, az aktivitás jelentős növekedését mutatja. A két vizsgált személy reakciója egymástól független, de mindkettő alárendelt a tárgy bemutatásának. Az egyikük megnövekedett agyi aktivitása viszont rámutat arra, hogy a tárgy bemutatása számára emocionális hatással bírt. Ez a megfigyelt tény erősíti a gyanúkat, de nem zárja ki a gyanúsított ártatlanságát, hiszen lehet más olyan tényező is, akár korábbi trauma, amely érzelmi hullámot okozhat esetében. Egy emberöléssel kapcsolatos helyszíni szemle fényképei okozta érzelmi kitörés hasonlóképp nemcsak az érintettséget támaszthatja alá, hanem a megfigyelt személy öléssel kapcsolatos nagyfokú pszichikai elzárkózását. A példák figyelmeztetni kívánnak arra is, hogy minden kriminalisztikai analízis eredményezhet fals pozitív választ, melynek kiszűrése érdekében erősen ajánlott további tesztek elvégzése.

## Bayes-hálók a kriminalisztikában. Modellezés

Az új ismeretek hatásának demonstrálására felidézhető a Jenzen által is feldolgozott Bayes-hálós példa, amelyben Holmes úr hívást kap Watson nevű szomszédjától, hogy riasztója megszólalt. Az eset betörésre utal.<sup>16</sup> Holmes hazaindulását követően az autóban hallja, hogy kisebb földrengés volt lakása környezetében, így vélelmezi, hogy riasztórendszerének rezgésérzékelőit ez aktiválta. Erre a hipotézisre alapozva visszafordul irodájába, hogy megkezdett sürgős munkáját befejezze. Az FVT-k tartalma itt válik fontossá, ezek foglalják ugyanis magukban a bűnözési és a földrengési kockázatok valószínűségére vonatkozó ismereteket. A Bayes-hálók kriminalisztikai alkalmazási példaként említhetjük Hongkong egyetemének munkáját, amelyben a számítógépes bűnözés köréből, az illegális fájlcsere (BitTorrent) vonatkozó Bayes-hálós modellezést publikáltak.<sup>17</sup> Hasonlóan szemléletes Hepler és Dawid tanulmánya, amely egy apasági vita kapcsán népességi struktúrára vonatkozó DNS-bizonyítékra alapozva mutatja be a megalapozott lehetőségeket.<sup>18</sup> Prakken, Vlek, Renooij és Verheij a bűncselekmény szcenáriójának modellezését Bayes-hálóval tanulmányozta.<sup>19</sup> A bizonyítékok Bayes-hálós elemzését Hepler, Dawid és Leucari Sacco és Vanzetti meggyilkolásán keresztül mutatta be.<sup>20</sup> A Sacco–Vanzetti-ügy kihívását jellemzi, hogy Kadane és Schum már 1996-ban feldolgozta az esetet,<sup>21</sup> de 2002-ben Luminoso még mindig talált benne átgondolásra érdemes elemzési tételt, s a Nicola Sacco ellen terhelő bizonyítékként felhozott

16 Jensen (2000) 9–10.

17 Kwan et al. uo.

18 Hepler–Dawid (2007)

19 Prakken et al. (2013)

20 Hepler et al. (2007)

21 Kadane–Schum (1996)



lőfegyver pontnál a rendelkezésre álló adatok alapján megállapította, 200:1 arányban vélelmezhető, hogy az egykori vádlott nem volt bűnös.<sup>22</sup> Schum<sup>23</sup> a Wigmore-ábra,<sup>24</sup> Leucari a Bayes-háló és a Wigmore-ábra összevetésével vizsgálta az esetet. Dawid és Evett,<sup>25</sup> a bizonyítási folyamat egy hipotetikus bűncselekményre vonatkozó tanulmányát Schum, majd Leucari is feldolgozta.<sup>26</sup> Ezen utóbbi tanulmányok elsősorban jövőbe mutató javaslatokat, és nem konkrét esetek elemzését tartalmazták.

## Bayes-háló a bűncselekmény észlelésében

A bűncselekmény észlelésének egyik módja, hogy érzékelők kimeneti adatából statikus térképet készítenek, a statikus térképtől való eltérést bűncselekménygyanús eseménynek minősítik. A vakriasztások számát csökkentendő az így szűrt információ egy dinamikus előállított „változóterképpel” kerül összehasonlításra, amely képes felismerni a gyors változások veszélytelen fajtáit, valamint a csak csínytevésnek minősítendő eseteket. A másik megközelítésben felépítik a nem megengedett magatartások kódexét – adatbázisát –, amellyel minden cselekedetet vagy történést összevetnek, s a szűrésen fennakadó tevékenységek további mélyebb vizsgálat tárgyát képezik. A fenti két módszer, különösen a második, azt a hátrányt hordozza magában, hogy csak már ismert bűncselekmény-elkövetési fajták észlelhetők vele. Az első esetében az egyszerűen csak kis értékre elkövetett törvényellenes cselekményeket vagy a bűncselekmény-térkép megalkotásakor már meglévő, nagyobb értékre és folytatólagosan elkövetett csalásokat a rendszer nem észleli. Ezeket a hátrányokat küszöböli ki a heurisztikus öntanuló modell, amely a mesterséges intelligencia magasabb fokát képviseli. Itt a jogellenes cselekményt az eredmény károosságának becslésével közelítik meg. A megfigyelési módszerek mindhárom típusa eredményez vakriasztásokat is, s ezt kellő körültekintéssel kell kezelni. A legelismertebb eredményeket a számítógépes bűnözés felfedezésében érték el. Ennek mindennapi és mindenki által ismert esete a kéretlen és rosszindulatú levelek szűrése, a spamszűrés. Laskey és társai a Bayes-háló alkalmazásának módszerét ismertetik a számítógépes rendszerek illegális behatolásainak felismerésére az emberi viselkedési modelleken keresztül.<sup>27</sup> A csomagvizsgáló vagy az automatikus személyátvilágító rendszerekben használt algoritmusok is hasonló elveket alkalmaznak a veszélyes vagy tiltott tárgyak és anyagok felismerésére. Az emberekről készített hőtérképek – különösen határátlépési pontokon – a betegségrhordozók, továbbá az illegális tevékenységet folytató, s ezért izgalmi állapotban lévő személyek felismerését szolgálják.

22 Luminoso (2002)

23 Schum (2005)

24 A hivatkozott ábrával kapcsolatosan megjegyezhető, hogy Wigmore, a 20. század elejének amerikai jogtudósa messze megelőzte korát. Módszere bírálható, de megítélésem szerint kétségtelen, hogy alkalmazása ma is segítséget nyújthatna egy-egy bonyolultabb kriminálisztikai esetben. Eddigi kutatásaim alapján a kriminálisztikai események és tények grafikus rendezésének elsősége egyértelműen az ő nevéhez köthető, évtizedekkel megelőzve az ismert alternatív megközelítési módszereket.

25 Dawid–Evett (1997) 226–231.

26 Leucari (2005)

27 Laskey et al.

## Bayes-hálók a profilalkotásban

A gondosan elkészített elkövetői profil komoly segítséget nyújthat a bűnöző azonosításában, elfogásában és a bizonyításban. Baumgartner dolgozatában<sup>28</sup> harminchat tételben definiálta a bűncselekmény helyszínét jellemző bemeneti változókat, és huszonegy tételben határozta meg az elkövetői (kimeneti) változókat. A lista számos eleme ismert, s azokat a helyszínen felvett jegyzőkönyvek hasonlóan tartalmazzák, így például: a sérülés oka és elhelyezkedése a testen, a sérülésokozás módja, valamint egyéb behatolás az áldozat testébe, az áldozat feltalálásának helye, egyéb fellelt tárgyak a bűncselekmény helyszínén, így különösen fegyverek, továbbá a hiányzó tárgyak. A kimeneti változók listája az elkövető korára, az áldozattal kialakított kapcsolatára, korábbi bűncselekményeire, fegyveres testületnél szerzett gyakorlatára, mentális állapotára, s ehhez hasonló további tényezőkre oszlik. Baumgartner és társai<sup>29</sup> 2008-ban már egy öntanuló profilalkotó nyomozási döntéstámogatási rendszer felépítését felvázolva megmutatták, hogy a helyszíni szemle során számítógépre vitt adatokból kinyerhető az elkövető viselkedépszichológiai körvonala. Stahlschmidt és munkatársai<sup>30</sup> a szexuális vonatkozású bűncselekmények elkövetőinek Bayes-hálós profilalkotási lehetőségét vizsgálták meg.

## Bayes-hálók az azonosításban, a bűncselekmények és a tények kiértékelésében

Az Andrade és Ferreira szerzőpáros tanulmányában áttekintette a DNS-minták európai használatának joggyakorlatát és alkalmazásának kezdetét, mely szerint Anglia (1995), Ausztria (1997), Horvátország és Svájc (2000) minden rögzített cselekmény esetében használja a DNS-adatbázist. Magyarországon (2003) csak az öt év szabadságvesztésnél súlyosabban büntetendő cselekmények esetében alkalmazzák ezt. Portugália (2008) a három év szabadságvesztésnél súlyosabban büntetendő cselekmények esetében veti be a DNS-minták elemzését mint kriminálisztikai eszközt. De Pillis és tanítványai az O. J. Simpson-ügyet vizsgálták meg neurális háló alkalmazásával, amelyhez Matlab-programot használtak.<sup>31</sup> Andrade és Ferreira Bayes-hálók alkalmazásával DNS-maradványok nyomozásbeli használatával foglalkozott.<sup>32</sup> Tanulmányukban a bűncselekmény helyszínén talált DNS-mintákat vizsgálták meg a két áldozat és két gyanúsított DNS-mintáival történő összevetéssel. Allélok valószínűségének számításával arra a következtetésre jutottak, hogy mindkét gyanúsított a bűncselekmény helyszínén tartózkodott, és DNS-mintát hagyott hátra. Rámutattak, hogy olyan esetekben, amikor nagyszámú valószínűsítésnél a Bayes-tétel alkalmazásával kellene kiértékelést végezni, érdemben csak a számítógéppel támogatott Bayes-hálós számítás segítségével lehet gyorsan eredményt elérni.

28 Baumgartner (2005)

29 Baumgartner et al. (2008)

30 Stahlschmidt et al. (2013)

31 De Pillis–Radunszkaya (2005)

32 Andrade–Ferreira (2012) 167–172.

## Bayes-hálók a bűnmegelőzésben

A behatolásérzékelő rendszerek tervezésekor felállítható az a hipotézis, amely osztályozza a belépési kísérleteket, elkülönítve egymástól a törvénytellenes cselekményeket és az emberi tévedés okozta vaklármákat (fals alarm). A közterületen elkövetett bűncselekmények megelőzésére rendkívüli erőfeszítéseket tettek eddig, jelentős emberi erőforrást alkalmaztak, és zárt láncú kamerarendszereket (CCTV) telepítettek. Megfigyelés alatt tartják az aluljárókat, kereszteződések, de ahogy azt Mahendrian és munkatársai témába vágó tanulmányukban<sup>33</sup> már bevezetőként is megjegyzik, „mind ezt nem érezzük elég proaktívnak a bűncselekmények számának növekedésével szemben”. A klaszteranalízis és a bayesi hihetőségi hálók együttes alkalmazásában látnak egyfajta előremutató megoldást. Az általuk felvázolt rendszerben a nyers adat bekerül egy feldolgozórendszerbe, amely először az adatekstrahálást (data extraction), az adattisztítást (data cleansing), a hiányzó adatok becslését (estimate missing values) és a normalizálást végzi el. Az így nyert információ kerül az adatbázisba. Az ezt követő modellezési fázisban a tulajdonságextrakció (entity extraction), a természetes nyelv feldolgozása (natural language processing), a csoportképzési és összerendelési szabályok (clustering, association rules) alapján történő feldolgozás, a dokumentum-összefűzés (document chaning) folyamatát hajtják végre. A feldolgozott információt az értelmezés és gyors megérthetőség érdekében további, ezt elősegítő hő- és Google térképi körvonalképzéssel (contour plots) vetik egybe a megjelenítés során. A Bayes-háló tervezése során beépített tények, a hozzájuk tartozó kapcsolatrendszer, s az élek mentén vélelmezett valószínűségi értékek számosságának nagysága növeli a döntés pontosságát, s ez a justizmord bekövetkezési esélyét csökkenti.

## Gyakorlati alkalmazási akadályok

A bírói recipiálás jelentős nehézségére hívja fel a figyelmet az a meglepő fordulat, hogy a minden tekintetben élenjáró angolszász kutatások ellenére 2010-ben az Egyesült Királyság Fellebbviteli Bírósága az RvT-ügy kapcsán kimondta, hogy matematikai módszerek a DNS-vizsgálatot kivéve nem használhatók bűnügyi bizonyítékok értékelésére.<sup>34</sup> Fenton és Neil a döntés kapcsán írt tanulmányukban felháborodottan párhuzamot vonva a kézi számológép alkalmazásával, arra hívták fel a figyelmet, hogy nem kell ismerni annak használatához az elektronikus áramkörök belső működését.<sup>35</sup> Feltehető

<sup>33</sup> Mahendiran et al. (2011)

<sup>34</sup> Az Rv T [2010] EWCA Crim 2439, [2011] 1 Cr App Rep 85, the Court of Appeal kimondja, hogy matematikai képleteket, úgymint a Bayes-tétel, valamint a likelihood ratio, a törvényszéki szakértők nem használhatnak adatanalízisre, amennyiben stabil statisztikai bizonyítékok nem állnak rendelkezésre. Berger szemére hányja a bírácnak, hogy nem tudnak különbséget tenni az összefüggések valószínűsége és az adatok pontossága között. Nem zárható ki az a feltételezés sem, hogy a Sally Clark ügyben a rosszul alkalmazott valószínűség-számítási módszerek is alátámaszthatják az érvelést. Érdeemes a probléma gyökereit felidézni: a tények függetlensége erősíti az érvelést, a függőség pedig gyengítheti. A függőség kérdését nem elegendő vélelmezni, hanem alátámasztani is szükséges. Lásd: [www.bailii.org/ew/cases/EWCA/Crim/2010/2439.pdf](http://www.bailii.org/ew/cases/EWCA/Crim/2010/2439.pdf) (2014. 03. 08.)

<sup>35</sup> Fenton–Neil (2012)

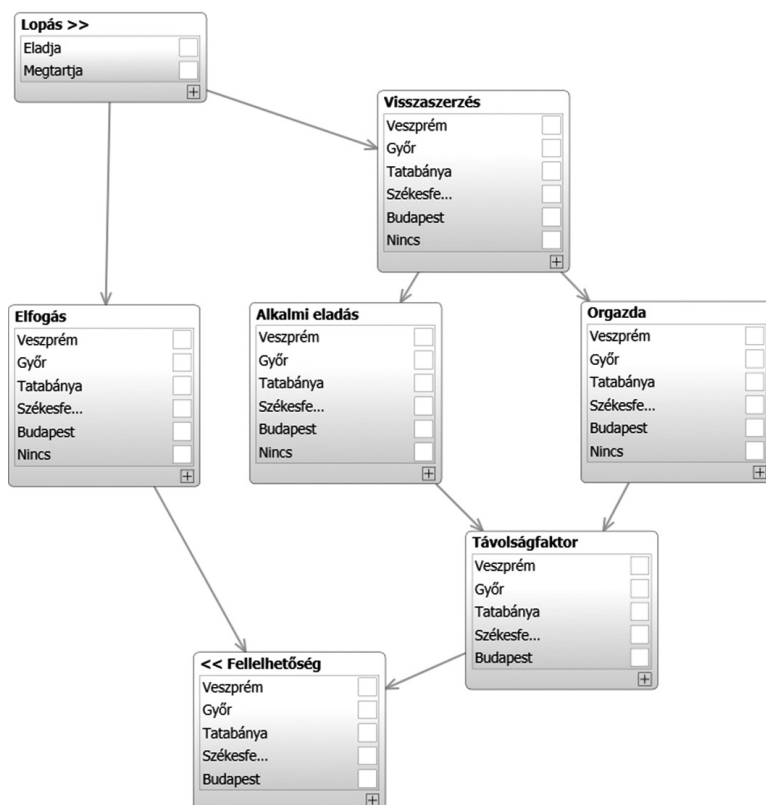
továbbá az a kérdés is, hogy ha DNS-vizsgálatok esetén elfogadott, sőt perdöntő bizonyíték lehet, mi alapozza meg más területen a matematikai módszerek elutasítását? Ujjnyomtöredékek vagy sérült nyomatok értékelésénél szintén használnak matematikai módszereket.

## **A Bayes-hálóban rejlő lehetőségek bemutatása egy hipotetikus példán keresztül**

Az alkalmazási lehetőségek irodalmában tett rövid áttekintés után egy kitalált példán keresztül alkothatunk véleményt a használhatóságról. Az élettől nem idegen, fiktív példát már korábban képszerű bemutatásra használtam a gyakorisági és a szubjektivista valószínűség kriminálisztikai, szemléltető-összehasonlító elemzése kapcsán.<sup>36</sup> Most a példát kissé finomítva a Bayes-háló működése tekinthető át a demonstráció segítségével. Az alapeset szerint egy szenzitív adatokat tartalmazó laptopot tulajdonít el a számítástechnikailag nem képzett tolvaj. A bűncselekmény elkövetését kamerák rögzítették, ezért az elkövető személye ismert. A kriminalisták számára meghatározott feladat az információ kiszivárogtatásának megakadályozása érdekében a laptop mielőbbi visszaszerzése. Ismert a tettes bűnözői profilja, mozgásterülete, tartózkodási szokásai, az orgazdák aktivitása, az eladási lehetőségek és a települések közötti távolságok. A kihívást az erőforrások szűkössége, a gyors és eredményes akció jelenti. A feladat annak meghatározása, hogy az erőforrásokat a lehetséges öt település közül hová vezényeljük, azaz hol várható a legnagyobb valószínűséggel az akció sikeressége. A bűncselekmény helyszíne Veszprém, ahol egy különösen védett objektum előtti parkolóban álló, lezáratlan gépjárműből tulajdonították el az eszközt. A videofelvételen látható, hogy az elkövető több gépjármű kinyitásával is próbálkozott, míg a sértett gépkocsijánál végül sikerrel járt. A felvételen az elkövető arca és mozgása felismerhető, s ennek alapján a bűnügyi nyilvántartásban szereplő Elemelt Elek, büntetett előéletű személlyel való azonossága nagy valószínűséget mutatott. Elkövetési módszerei ismertek.

---

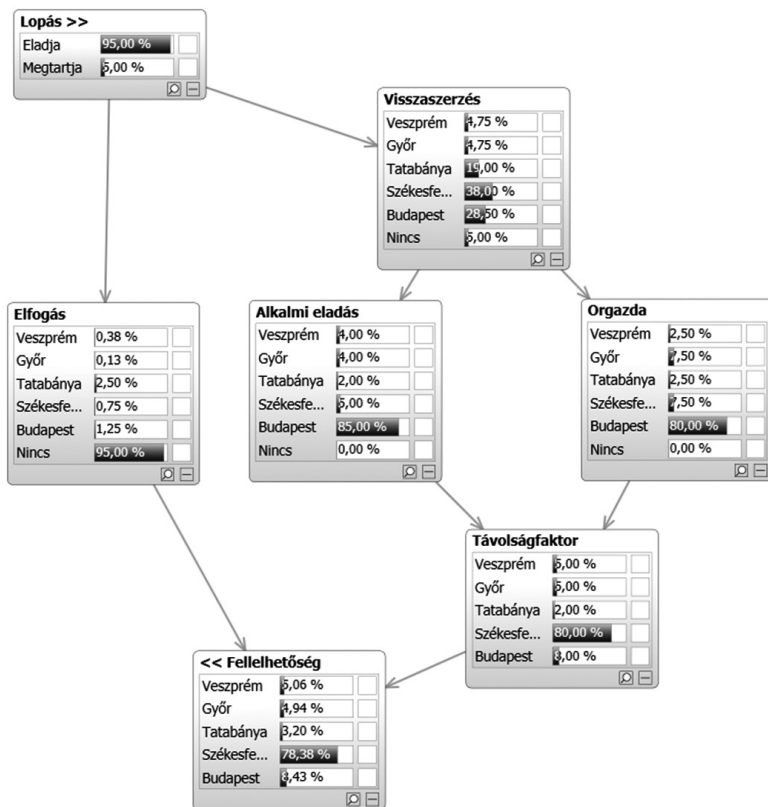
36 Orbán (2013) 171–184.



2. ábra: Az eltulajdonított tárgy fellelhetőségének Bayes-hálója

A 2. ábrán az elkövető vélelmezhető magatartása és a fellelhetőségi helyek láthatók.<sup>37</sup> A tettes nagy valószínűséggel igyekszik értékesíteni a bűncselekmény tárgyát, de nem zárható ki teljességgel, hogy az akció ideje alatt az még megtalálható nála. Két lehetséges műveleti irány jelölhető ki: a tettes elfogása vagy a már értékesített tárgy visszaszerzése. A második esetben az alkalmi eladás, valamint az orgazdának történő értékesítés lehetőségével számolhatunk. Ekkor figyelembe veendő az elkövetés helyszíne és az értékesítési pont közötti távolságfaktor, amely az egyszerűsítés érdekében több változót együttesen foglal magában. A valószínűségi táblázatokat a meglévő nyilvánosságokból feltöltve (a példa esetében ezek nagyrészt fiktív értékek) a csomópontokban látható a fellelési valószínűség. A teljes valószínűséget, amely a tárgy visszaszerzését elkövetővel vagy anélkül foglalja magában, a fellelhetőségi terminálpont adja meg.

<sup>37</sup> A Bayes-háló ábrái a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Bayes-szerverén készültek dr. Sella Rudolf és Hídegh Lajos közreműködésével.



3. ábra: A valószínűségi változókkal feltöltött Bayes-háló számítási eredményei

A kezdőpont a lopás tényállása, amelynél az elkövetői magatartás és a bűncselekmény elkövetése óta eltelt idő alapján az elfogás esetén a tárgy megléte csak öt százalékra becsült, így a tettes elfogása esetén kilencvenöt százalék az esélye az eredménytelen akciónak. (Az értékek mögötti sávok a nagyságot még szemléletesebbé teszik.) A városok közötti megoszlás olyan alacsony, hogy célszerűbb a háló másik ágát követni. A viisszaszerzés eredményességének valószínűségét megfigyelve három város nagyságrendileg hasonló eredményességgel kecsegtet. Az alkalmi eladás, illetve az orgazdaság nagyobb lehetőségei a fővárost helyezik előtérbe. A távoltságfaktor figyelembevétele, amely a főváros nagyobb távolágát is számításba veszi, végeredményben Székesfehérvár szignifikánsan kiemelkedő valószínűsíthetőségét adja.

## Összefoglalás

A tanulmány betekintést nyújtott a Bayes-háló kutatásának kriminálisztikai területen elért eredményeibe. Az ígéretes kép az alkalmazhatósági lehetőségek további keresését, valamint a már fókuszba helyezett területek nagyobb mélységű vizsgálatának



igényét is megfogalmazza. A kriminálisztikai modellezésről, a bűncselekmény észleléséről, a profilalkotásról, a kevert DNS-minták nehezített esetében az azonosításról, a tények kiértékelésén át a bűnmegelőzési alkalmazásról további ismeretanyag nyerhető a Bayes-háló felhasználásának irodalmi példáin keresztül is. A gyakorlati alkalmazás megvalósításával szembeni tartózkodás mintapéldájának felemlítése után egy fiktív esettanulmány vezet végig a felhasználhatósági demonstráción, amely segíthet a gondolat megértésében a gyakorló szakemberek és a téma iránt érdeklődők körében.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Andrade, Marina – Ferreira, Manuel Alberto M. (2012): Crime Scene Investigation through DNA Traces Using Bayesian Networks. In: *Journal of Applied Mathematics*, Vol. 5. No. 3. 167–172.
- Baumgartner, Kelli A. C. (2005): *Bayesian network modeling of offender behavior for criminal profiling*. Forrás: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.111.5537&rep=rep1&type=pdf> (2008. 03. 24.)
- Baumgartner, Kelli A. C. – Ferrari, Silvia – Palermo, George B. (2008): Constructing Bayesian networks for criminal profiling from limited data. In: *Knowledge-Based Systems*. Forrás: doi: 10.1016/j.knosys (2008. 03. 19.)
- Bayes, Thomas (1763): An Essay towards solving a Problem in the Doctrine of Chances. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. Vol. 53. 269–71.
- Carvalho, Rommel N. – Matsumoto, Shou – Laskey, Kathryn B. – Costa, Paulo C. G. – Ladeira, Marcelo – Santos, Laécio L. (2013): *Probabilistic Ontology and Knowledge Fusion for Procurement Fraud Detection in Brazil*. Forrás: [http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-35975-0\\_2#-page-1](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-35975-0_2#-page-1) (2013. 07. 20.)
- Dawid, A. P. – Evett, I. W. (1997): Using a graphical method to assist the evaluation of complicated patterns of evidence. In: *Journal of Forensic Sciences*, Vol. 42. No. 2. 226–231.
- De Pillis, L. G. – Radunskaya, A. E. (2005): *Introduction: Did He Do it? "Evaluating Evidence Using Bayesian Networks."* Forrás: [www.capital.edu/uploadedFiles/Capital/Academics/Schoolsand\\_Departments/Natural\\_Sciences,\\_Nursing\\_and\\_Health/Computational\\_Studies/Educational\\_Materials/Mathematics/Did%20he%20do%20it%20Evaluating%20Evidence%20Using%20Bayesian%20Networks.pdf](http://www.capital.edu/uploadedFiles/Capital/Academics/Schoolsand_Departments/Natural_Sciences,_Nursing_and_Health/Computational_Studies/Educational_Materials/Mathematics/Did%20he%20do%20it%20Evaluating%20Evidence%20Using%20Bayesian%20Networks.pdf) (2008. 03. 24.)
- Fenton, Norman – Neil, Martin (2012): *On limiting the use of Bayes in presenting forensic evidence*. Forrás: [www.eecs.qmul.ac.uk/~norman/papers/likelihood\\_ratio.pdf](http://www.eecs.qmul.ac.uk/~norman/papers/likelihood_ratio.pdf) (2014. 03. 08.)
- Fenyvesi Csaba (2013): *A kriminálisztika tendenciái*. MTA doktori értekezés. Kézirat. Pécs.
- Hepler, Amanda B. (2005): *Improving Forensic Identification Using Bayesian Networks and Relatedness Estimation: Allowing for Population Structure*. [www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/231831.pdf](http://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/231831.pdf) (2013. 07. 20.)
- Hepler, Amanda B. – Dawid, A. Philip (2007): *Incorporating population structure into forensic Bayesian networks*. Forrás: <http://128.40.111.250/evidence/content/copenhagen.pdf> (2014.03.08.); [www.baillii.org/ew/cases/EWCA/Crim/2010/2439.pdf](http://www.baillii.org/ew/cases/EWCA/Crim/2010/2439.pdf) (2014.03.08.)
- Hepler, Amanda B. – Dawid, A. Philip – Leucari, Valentina (2007): *Object-oriented graphical representations of complex patterns of evidence*. Forrás: <http://tillers.net/hepler-dawid-leucari.pdf> (2014. 03. 08.)
- Jensen, Finn V. (2000): *An introduction to Bayesian networks*. London, UCL Press.
- Kadane, Joseph B. – Schum, David A. (1996): *A Probabilistic Analysis of the Sacco and Vanzetti Evidence*. Chichester, John Wiley & Sons.
- Kaye, David H. (2000): *Bayes, Burdens, and Base Rates*. Forrás: <http://homepages.law.asu.edu/~kayed/pubs/evid/00-IJEP.htm> (2011. 12. 26.)

- Korn, Granino A. – Korn, Theresa M. (1975): *Matematikai kézikönyv műszakiaknak*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó.
- Kwan, Michael Y. K. – Chow, K. P. – Law, Frank Y. W. – Lai, Pierre K. Y. (2007): *Computer Forensics Using Bayesian Network: A Case Study*. Forrás: <http://i.cs.hku.hk/cisc/forensics/papers/Bayesian-Network.pdf> (2013. 07. 20.)
- Laskey, Kathryn – Alghamdi, Ghazi – Wang, Xun – Barbará, Daniel – Shackelford, Tom – Wright, Ed – Fitzgerald, Julie: *Detecting Threatening Behavior Using Bayesian Networks*. Forrás: [http://seor.gmu.edu/~klaskey/papers/BRIMS04\\_InsiderThreat.pdf](http://seor.gmu.edu/~klaskey/papers/BRIMS04_InsiderThreat.pdf) (2008. 03. 24.)
- Leucari, Valentina (2005): *Analysis of complex patterns of evidence in legal cases: Wigmore charts vs. Bayesian networks*. Forrás: [www.ucl.ac.uk/jdi/research/evidence-network/docs/burglary.pdf](http://www.ucl.ac.uk/jdi/research/evidence-network/docs/burglary.pdf) (2008. 03. 24.)
- Luminoso, Fred (2002): *Bayesian Belief Network Analysis of Legal Evidence*. Forrás: [www.stanford.edu/group/journal/cgi-bin/wordpress/wp-content/uploads/2012/09/Luminoso\\_SocSci\\_2002.pdf](http://www.stanford.edu/group/journal/cgi-bin/wordpress/wp-content/uploads/2012/09/Luminoso_SocSci_2002.pdf) (2008. 03. 24.)
- Mahendiran, Aravindan – Shuffett, Michael – Muthiah, Sathappan – Malla, Rimy – Zhang, Ga-  
oqiang (2011): *Forecasting Crime Incidents using Cluster Analysis and Bayesian Belief Networks*. Forrás: [http://filebox.vt.edu/users/shuffett/analytics/assets/ProjectCheckpoint1\\_Mahendiran\\_Shuffett\\_Muthiah\\_Malla\\_Zhang\\_merged.pdf](http://filebox.vt.edu/users/shuffett/analytics/assets/ProjectCheckpoint1_Mahendiran_Shuffett_Muthiah_Malla_Zhang_merged.pdf) (2013. 07. 20.)
- Orbán József (2013): Comparison of Applicability of the Bayesian and the Frequentist Statistics in Criminal Law. In Pasca, Viorel – Ciopec, Flaviu – Roibu, Magdalena (eds.): *Criminalitatea Economica in Contextul Crizei*. Bucuresti, Universul Juridic.
- Prakken, Henry – Renooij, Silja – Vlek, Charlotte – Verheij, Bart (2013): *Modeling Crime Scenarios in a Bayesian Network*. Forrás: [www.cs.uu.nl/groups/IS/archive/henry/ica113vlek.pdf](http://www.cs.uu.nl/groups/IS/archive/henry/ica113vlek.pdf) (2014. 03. 08.)
- Schum, David A. (2005): *A Wigmorean Interpretation of the Evaluation of a Complicated Pattern of Evidence*. London, School of Law George Mason University.
- Sebastiani, Paola – Perls, Thomas T. (2008): Complex Genetic Models. In Pourret, Olivier – Naim, Patrick – Marcot, Bruce (eds.): *Bayesian Networks. A practical guide to Application*. Chichester, John Wiley & Sons.
- Shannon, Claude E. – Weaver, Warren (1963): *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana, University of Illinois Press.
- Stahlschmidt, Stephan – Tausendteufel, Helmut – Härdle, Wolfgang K. (2013): *Bayesian Networks and Sex-related Homicides: Structure Learning and Prediction*. Forrás: [http://lwb.wiwi.hu-berlin.de/members/personalpages/st/publication/sttaha\\_20120703\\_jas\\_first](http://lwb.wiwi.hu-berlin.de/members/personalpages/st/publication/sttaha_20120703_jas_first) (2014. 10. 05.)
- Tremmel Flórián – Fenyvesi Csaba – Herke Csongor (2005): *Kriminálisztika. Tankönyv és Atlasz*. Budapest–Pécs, Dialóg Campus Kiadó.

## SUMMARY

### **Probabilistic Forensic Estimation with Bayes Nets**

ORBÁN József

Probability based problem solving is becoming more and more widespread in forensic science theory. Bayes' theorem is represented in a more complex form in the application of the Bayes Nets, which are capable of treating several complicated and uncertain facts at the same time; therefore its practical forensic application can no longer be rightly questioned. The study presents the practical usage of the Bayesian Networks through examples taken from the scientific literature and an earlier fictitious case of the author's.