irmgn.ir

به نام دوست

منطق فازی چیست ؟

1388

افسانه اکبری

irmgn.ir

مفاهيم نادقيق بسياري در پيرامون ما وجود دارند كه آنها را به صورت روزمره در قالب عبارتهاي مختلف بيان مي‌كنيم. به اين جمله دقت كنيد: " هوا خوب است." هيچ كميتي براي خوب بودن هوا مطرح نيست تا آن را اندازه بگيريم بلكه اين يک حس كيفي است. در واقع مغز انسان با در نظر گرفتن عوامل گوناگون و بر پايه تفكر استنتاجي جملات را تعريف و ارزش گذاري مي‌نمايد كه الگوبندي آنها به زبان و فرمولهاي رياضي اگر غير ممكن نباشد كاري بسيار پيچيده خواهد بود. منطق فازي فناوري جديدي است كه شيوه‌هايي را كه براي طراحي و مدل سازي يک سيستم نيازمند رياضيات پيچيده و پيشرفته است، با استفاده از مقادير زباني و دانش فرد خبره جايگزين مي‌سازد.

منطق فازي:

اگر از ما پرسيده شود منطق فازي چيست شايد ساده‌ترين پاسخ بر اساس شنيده‌ها اين باشد كه Fuzzy Logic يا Fuzzy Theory يک نوع منطق است كه روش‌هاي نتيجه گيري در مغز بشر را جايگزين مي‌كند. مفهوم منطق فازي توسط دكتر لطفي زاده، استاد دانشگاه كاليفورنيا در بركلي، ارائه گرديد و نه تنها به عنوان روش‌شناسي كنترل ارائه شد بلكه راهي براي پردازش داده‌ها، بر مبناي مجاز كردن عضويت گروهي كوچک به جاي عضويت گروهي دسته‌اي ارائه كرد. به جهت نارسا و نابسنده بودن قابليت رايانه‌هاي ابتدايي تا دهه 70 اين فرضيه در سيستم‌هاي كنترلي به كار برده نشد.

پروفسور لطفي زاده اينطور استدلال كرد كه بشر به ورودیهاي اطلاعاتي دقيق نيازي ندارد بلكه قادر است تا كنترل تطبيقي را به صورت بالايي انجام دهد. پس اگر ما كنترل كننده‌هاي بازخورد را در سيستم‌ها طوري طراحي كنيم كه بتواند داده‌هاي مبهم را دريافت كند، اين داده‌ها مي‌توانند به طور ساده تر و موثرتري در اجرا به كار برده شوند.

انگيزه و اهداف براي مقابله مؤثر با پيچيدگي روزافزون در بررسي، مطالعه، مدل سازي، و حل مسائل جديد در فيزيک، مهندسي، پزشكي، زيست شناسي، و بسياري از امور گوناگون ديگر مجبور به ايجاد و ابداع روشهاي محاسباتي جديدي هستيم كه بيشتر از پيش به شيوه‌هاي تفكر خود انسان نزديک باشد. هدف اصلي آنست كه مسائل و مشكلات بسيار پيچيده علمي را رايانه‌ها بتوانند با همان سهولت و شيوايي بررسي و حل و فصل كنند كه ذهن انسان قادر به ادراک و اخذ تصميمات سريع و مناسب است.

در جهان واقعيات، بسياري از مفاهيم را آدمي به صورت فازي (fuzzy به معناي غير دقيق، ناواضح، و مبهم) درک مي‌كند و به كار مي‌بندد. هر چند كلمات و مفاهيمي همچون گرم، سرد، بلند، كوتاه، پير، جوان، و نظائر اينها به عدد خاص و دقيقي اشاره ندارند، ذهن انسان با سرعت و با انعطاف پذيري شگفت آوري همه را مي‌فهمد و در تصميمات و نتيجه گيريهاي خود به حساب مي‌گيرد. اين، در حاليست كه ماشين فقط اعداد را ميفهمد و اهل دقّت است. اهداف شيوه‌هاي نو در علوم كامپيوتر آنست كه اولا رمز و راز اينگونه تواناييها را از انسان بياموزد و سپس آنها را تا حد امكان به ماشين ياد بدهد.

جهت شروع، بايد به ايجاد و ابداع منطقي تازه و نو دست بزنيم كه آن همانا منطق فازي (Fuzzy logic) است. در منطق قديم فقط دو حالت داريم: سفيد و سياه، آري و خير، روشن و تاريک، يک و صفر، و درست و غلط. قوانين علمي گذشته، مثل رياضيّات، فيزيک و مكانيک نيوتوني، همه بر

irmgn.ir

اساس اینگونه منطق استوار گردیده اند. پر واضح است که ذهن ما با منطقي دیگر کارهایش را انجام مي‌دهد و تصمیماتش را اتخاذ مي‌کند.

دنیای فازی

می‌پرسم "هوا ابری است یا آفتابی؟" پاسخ می‌دهی: نیمه‌ابری. می‌پرسم "آیا همه آنچه که دیروز به من گفتی، راست بود؟" پاسخ می‌دهی: بیشتر آن حقیقت داشت. ما در زندگی روزمره بارها از منطق فازی استفاده می‌کنیم. واقعیت این است که دنیای صفر و یك، دنیایی انتزاعی و خیالی است. به ندرت پیش می‌آید موضوعی صددرصد درست یا صددرصد نادرست باشد؛ زیرا در دنیای واقعی در بسیاری از مواقع، همه‌چیز منظم و مرتب سرجایش نیست.

از نخستین روز تولد اندیشه فازی، بیش از چهل سال می‌گذرد. در این مدت نظریه فازی، چارچوب فکری و علمی جدیدی را در محافل آکادمیك و مهندسی معرفی نموده و دیدگاه دانشمندان را نسبت به کمّ و کیف دنیای اطراف ما تغییر داده است. منطق فازی جهان‌بینی بدیع و واقع‌گرایانه‌ای است که به اصلاح شالوده منطق علمی و ذهنی بشر کمك شایانی کرده‌است.

پیشینه منطق فازی

تئوری مجموعه‌های فازی و منطق فازی را اولین بار پرفسور لطفی‌زاده در رساله‌ای به نام "مجموعه‌های فازی - اطلاعات و کنترل" در سال 1965 معرفی نمود. هدف اولیه او در آن زمان، توسعه مدلی کارآمدتر برای توصیف فرآیند پردازش زبان‌های طبیعی بود. او مفاهیم و اصلاحاتی همچون مجموعه‌های فازی، رویدادهای فازی، اعداد فازی و فازی‌سازی را وارد علوم ریاضیات و مهندسی نمود. از آن زمان تاکنون، پرفسور لطفی زاده به دلیل معرفی نظریه بدیع و سودمند منطق فازی و تلاش‌هایش در این زمینه، موفق به کسب جوایز بین‌المللی متعددی شده است. پس از معرفی منطق فازی به دنیای علم، در ابتدا مقاومت‌های بسیاری دربرابر پذیرش این نظریه صورت گرفت.

بخشی از این مقاومت‌ها، چنان که ذکر شد، ناشی از برداشت‌های نادرست از منطق فازی و کارایی آن بود. جالب این‌که، منطق فازی در سال‌های نخست تولدش بیشتر در دنیای مشرق زمین، به‌ویژه کشور ژاپن با استقبال روبه‌رو شد، اما استیلای اندیشه کلاسیك صفر و یك در کشورهای مغرب زمین، اجازه رشد اندکی به این نظریه داد. با این حال به تدریج که این علم کاربردهایی پیدا کرد و وسایل الکترونیکی و دیجیتالی جدیدی وارد بازار شدند که بر اساس منطق فازی کارمی‌کردند، مخالفت‌ها نیز اندك اندك کاهش یافتند.

در ژاپن استقبال از منطق فازی، عمدتاً به کاربرد آن در روباتیك و هوش مصنوعی مربوط می‌شود. موضوعی که یکی از نیروهای اصلی پیش‌برندهِ این علم طی چهل سال گذشته بوده است. در حقیقت می‌توان گفت بخش بزرگی از تاریخچه دانش هوش مصنوعی، با تاریخچه منطق فازی همراه و هم‌داستان است.

irmgn.ir

مجموعه‌های فازی

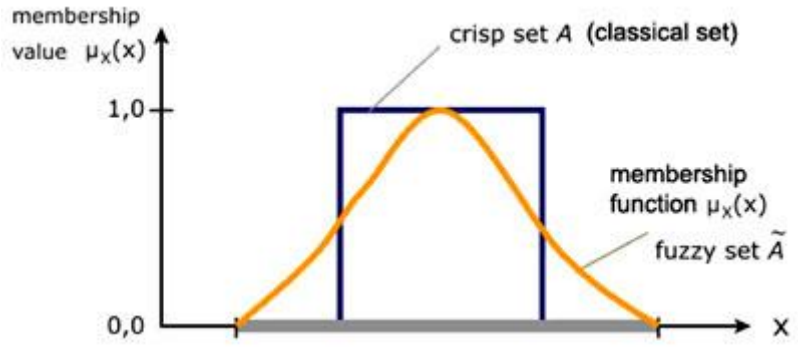
بنیاد منطق فازی بر شالوده نظریه مجموعه‌های فازی استوار است. این نظریه تعمیمی از نظریه کلاسیك مجموعه‌ها در علم ریاضیات است. در تئوری کلاسیك مجموعه‌ها، یك عنصر، یا عضو مجموعه است یا نیست. در حقیقت عضویت عناصر از یك الگوی صفر و یك و باینری تبعیت می‌کند. اما تئوری مجموعه‌های فازی این مفهوم را بسط می‌دهد و عضویت درجه‌بندی شده را مطرح می‌کند. به این ترتیب که یك عنصر می‌تواند تا درجاتی - و نه کاملاً - عضو یك مجموعه باشد. مثلاً این جمله که "آقای الف به اندازه هفتاددرصد عضو جامعه بزرگسالان است" از دید تئوری مجموعه‌های فازی صحیح است. در این تئوری، عضویت اعضای مجموعه از طریق تابع u(x) مشخص می‌شود که x نمایانگر یك عضو مشخص و u تابعی فازی است که درجه عضویت x در مجموعه مربوطه را تعیین می‌کند و مقدار آن بین صفر و یك است (فرمول 1).

فرمول 1

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$$

به بیان دیگر، u(x) نگاشتی از مقادیر x به مقادیر عددی ممکن بین صفر و یك را می‌سازد. تابع u(x) ممکن است مجموعه‌ای از مقادیر گسسته (discrete) یا پیوسته باشد. وقتی که u فقط تعدادی از مقادیر گسسته بین صفر و یك را تشکیل می‌دهد، مثلاً ممکن است شامل اعداد 0/3 و 0/5 و 0/7 و 0/9 و صفر و یك باشد. اما وقتی مجموعه مقادیر u پیوسته باشند، یك منحنی پیوسته از اعداد اعشاری بین صفر و یك تشکیل می‌شود.

شکل 1 نموداری از نگاشت پیوسته مقادیر x به مقادیر u(x) را نشان می‌دهد. تابع u(x) در این نمودار می‌تواند قانون عضویت در یك مجموعه فازی فرضی را تعریف کند.
شکل 1



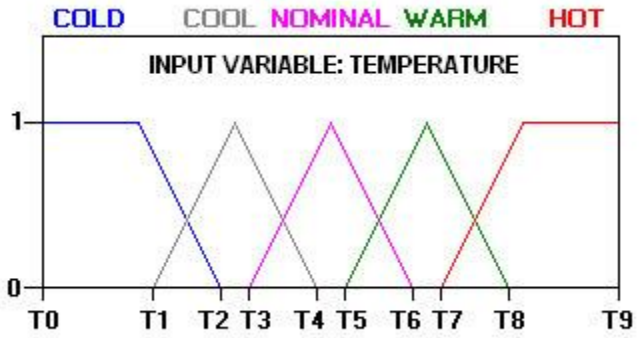
منطق فازی چگونه به‌کار گرفته می‌شود؟
منطق فازی را از طریق قوانینی که "عملگرهای فازی" نامیده می‌شوند، می‌توان به‌کار گرفت. این قوانین معمولاً بر اساس مدل زیر تعریف می‌شوند:

IF variable IS set THEN action

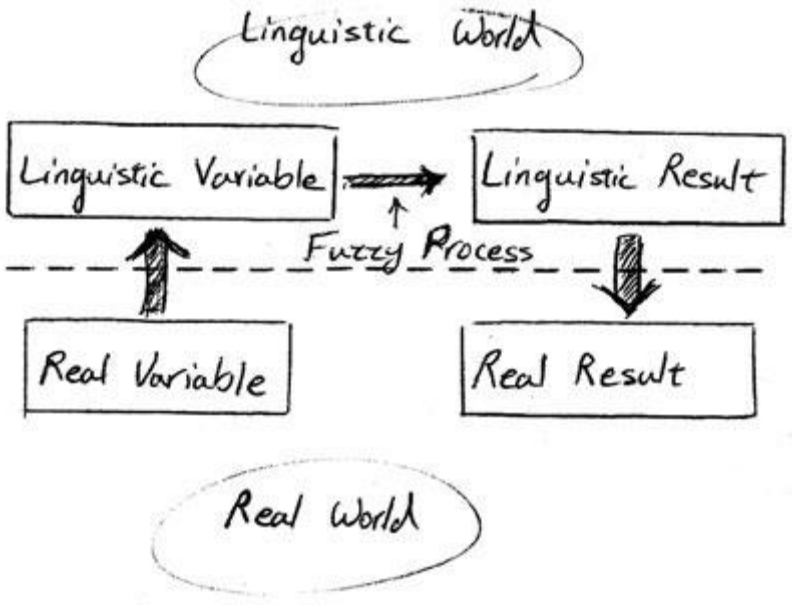
irmgn.ir

به عنوان مثال فرض کنید می‌خواهیم یك توصیف فازی از دمای یك اتاق ارائه دهیم. در این صورت می‌توانیم چند مجموعه فازی تعریف کنیم که از الگوی تابع u(x) تبعیت کند. شکل 2 نموداری از نگاشت متغیر "دمای هوا" به چند مجموعه فازی با نام‌های "سرد"، "خنك"، ""عادی"، "گرم" و "داغ" است. چنان که ملاحظه می‌کنید، یك درجه حرارت معین ممکن است متعلق به یك یا دو مجموعه باشد.

شکل2



به عنوان نمونه، درجه حرارت‌های بین دمای T1 و T2 هم متعلق به مجموعه "سرد" و هم متعلق به مجموعه "خنك" است. اما درجه عضویت یك دمای معین در این فاصله، در هر یك از دو مجموعه متفاوت است. به طوری که دمای نزدیك T2 تنها به اندازه چند صدم در مجموعه "سرد" عضویت دارد، اما نزدیك نوددرصد در مجموعه "خنك" عضویت دارد.



irmgn.ir

پارادایم حاکم بر یك کنترلر فازی به این ترتیب است که متغیرهای دنیای واقعی به عنوان ورودی دریافت می‌شوند. قوانین فازی آن‌ها را به متغیرهای معنایی تبدیل می‌کند. فرآیند فازی این ورودی را می‌گیرد و خروجی معنایی تولید می‌کند و سرانجام خروجی‌ها به زبان دنیای واقعی ترجمه می‌شوند. نمودار شکل 3 مصداقی از همین روند است.

اکنون می‌توان بر اساس مدل فوق قانون فازی زیر را تعریف کرد:

اگر دمای اتاق "خیلی گرم" است، سرعت پنکه را "خیلی زیاد" کن.

اگر دمای اتاق "گرم" است، سرعت پنکه را "زیاد" کن.

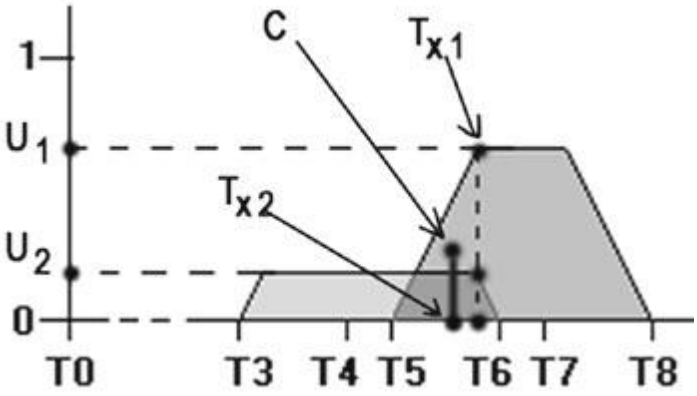
اگر دمای اتاق "معتدل" است، سرعت پنکه را در "همین اندازه" نگه‌دار.

اگر دمای اتاق "خنك" است، سرعت پنکه را "کم" کن.

اگر دمای اتاق "سرد" است، پنکه را "خاموش" کن.

اگر این قانون فازی را روی یك سیستم کنترل دما اعمال کنیم، آنگاه می‌توانیم دماسنجی بسازیم که دمای اتاق را به صورت خودکار و طبق قانون ما، کنترل می‌کند. اما این سؤال پیش می‌آید که اگر دو یا چند قانون همزمان برای یك متغیر ورودی فعال شود چه اتفاقی خواهد افتاد؟ فرض کنید دمای اتاق برابر Tx1 است در این صورت هم قانون مربوط به اتاق گرم و هم قانون مربوط به دمای اتاق معتدل صادق است و مقادیر U1 و U2 به ترتیب به دست می‌آید. طبق کدام قانون باید عمل کرد؟ لطفی‌زاده خود پاسخ این معما را نداد. در سال 1975 دو دانشمند منطق فازی به نام ممدانی (Mamdani) و آسیلیان اولین کنترل فازی واقعی را طراحی کردند. آنان پاسخ این معما را با محاسبهِ نقطه ثقل (C) مساحتی که از ترکیب دو ذوزنقه زیر U1 و U2 در شکل 3 پدید آمده و نگاشت آن به محور t و به دست آوردن مقدار Tx2 حل کردند.

شکل3



irmgn.ir

کاربردهای منطق فازی

منطق فازی کاربردهای متعددی دارد. ساده‌ترین نمونه یك سیستم کنترل دما یا ترموستات است که بر اساس قوانین فازی کار می‌کند. سال‌هاست که از منطق فازی برای کنترل دمای آب یا میزان کدرشدن آبی که لباس‌ها در آن شسته شده‌اند در ساختمان اغلب ماشین‌های لباسشویی استفاده می‌شود.

امروزه ماشین‌های ظرفشویی و بسیاری از دیگر لوازم خانگی نیز از این تکنیك استفاده می‌کنند. منطق فازی در صنعت خودروسازی نیز کاربردهای فروانی دارد. مثلاً سیستم ترمز و ABS در برخی از خودروها از منطق فازی استفاده می‌کند. یکی از معروف‌ترین نمونه‌های به‌کارگیری منطق فازی در سیستم‌های ترابری جهان، شبکه مونوریل (قطار تك ریل) توکیو در ژاپن است. سایر سیستم‌های حرکتی و جابه‌جایی بار، مثل آسانسورها نیز از منطق فازی استفاده می‌کنند.

به طور کلی خیلی از مواقع در ساختمان سیستم‌های تشخیص الگوها (Pattern Recognition) مثل سیستم‌های تشخیص گفتار و پردازش تصویر از منطق فازی استفاده می‌شود.

سیستم‌های تهویه هوا نیز به وفور منطق فازی را به‌کار می‌گیرند. از منطق فازی در سیستم‌های پردازش تصویر نیز استفاده می‌شود. یك نمونه از این نوع کاربردها را می‌توانید در سیستم‌های "تشخیص لبه و مرز" اجسام مشاهده کنید که در علم رباتیک کاربرد دارد.

منطق فازی و هوش مصنوعی

جالب‌ترین کاربرد منطق فازی، تفسیری است که این علم از ساختار تصمیم‌گیری‌های موجودات هوشمند، و در راس آن‌ها، هوش انسانی، به دست می‌دهد.

این منطق به خوبی نشان می‌دهد که چرا منطق دو ارزشی "صفر و یك" در ریاضیات کلاسیك قادر به تبیین و توصیف مفاهیم نادقیقی همچون "گرما و سرما" که مبنای بسیاری از تصمیم‌گیری‌های هوشمند را تشکیل می‌دهند، نیست.

شاید یکی از جالب‌ترین کاربردهای منطق فازی هوش مصنوعی در بازی‌های رایانه‌ای و جلوه‌های ویژه سینمایی باشد. صحنه های درگیری در فیلم ارباب حلقه ها را که دیده اید . در ان فیلم برای تولید جلوه های ویژه از نرم‌افزار Massive استفاده شده. از این نرم‌افزار در بسیاری از صحنه‌های فیلم برای تولید حرکات لشکر موجودات متخاصم استفاده شده بود.

در این برنامه متخصصان کامپیوتر و انیمیشن ابتدا موجوداتی را به صورت الگو ایجاد کرده بودند و سپس به کمك منطق فازی مصداق‌هایی تصادفی از این موجودات خیالی پدیدآورده بودند که حرکات تصادفی - اما از پیش تعریف شده‌ای - در اعضای بدن خود داشتند.

این موجودات در حقیقت دارای نوعی هوش مصنوعی بودند و می‌توانستند برای نحوه حرکت دادن اعضای بدن خود تصمیم بگیرند. در عین حال تمام موجوداتی که در یك لشکر به سویی می‌تاختند یا با دشمنی می‌جنگیدند، از جهت حرکت یکسانی برخودار بودند و به سوی یك هدف مشخص حمله می‌کردند.

irmgn.ir

این ساختار کاملاً پیچیده و هوشمند به فیلمسازان اجازه داده بود که این موجودات افسانه‌ای را در دنیای مجازی کامپیوتر به حال خود رها کنند تا به سوی دشمنان حمله کنند و این همه بی‌تردید بدون بهره‌گیری از منطق فازی امکانپذیر نبود.

شرکت Massive Software که به دلیل به‌کارگیری منطق فازی برای ایجاد هوش‌مصنوعی در طراحی لشکریان فیلم ارباب حلقه‌ها برنده جایزه اسکار شد، بعداً این تکنیك را در فیلم‌های دیگری همچون I.Robot و King Kong نیز به‌کار برد.

استفاده از منطق فازی برای هوشمندکردن موجودات نرم‌افزاری تنها گونه‌ای از کاربردهای این نظریه در هوش‌مصنوعی است. منطق فازی در هوشمند ساختن روبات‌های سخت‌افزاری نیز کاربردهای زیادی دارد.

تفاوت میان نظریه احتمالات و منطق فازی

یکی از مباحث مهم در منطق فازی، تمیزدادن آن از نظریه احتمالات در علم ریاضیات است. غالباً نظریه فازی با نظریه احتمالات اشتباه می‌شود. در حالی که این دو مفهوم کاملاً با یکدیگر متفاوتند. این موضوع به قدری مهم است که حتی برخی از دانشمندان بزرگ علم ریاضیات در دنیا - به‌ویژه کشورهای غربی - درمورد آن با یکدیگر بحث دارند و جالب آن که هنوز هم ریاضیدانانی وجود دارند که با منطق فازی مخالفند و آن را یك سوء تعبیر از نظریه احتمالات تفسیر می‌کنند.

از نگاه این ریاضیدانان، منطق فازی چیزی نیست جز یك برداشت نادرست از نظریه احتمالات که به گونه‌ای غیرقابل قبول، مقادیر و اندازه‌گیری‌های نادقیق را وارد علوم ریاضیات، مهندسی و کنترل کرده است. بعضی نیز مانند Bruno de Finetti معتقدند فقط یك نوع توصیف از مفهوم عدم‌قطعیت در علم ریاضیات کافی است و چون علم آمار و احتمالات وجود دارد، نیازی به مراجعه به منطق فازی نیست.

پرفسور لطفی‌زاده خالق نظریه مجموعه‌های فازی و منطق فازی

irmgn.ir

با این حال، اکثریت طرفداران نظریه منطق فازی، کارشناسان و متخصصانی هستند که به طور مستقیم یا غیرمستقیم با علم مهندسی کنترل سروکار دارند. حتی تعدادی از پیروان منطق فازی، همچون بارت کاسکو تا آنجا پیش می‌روند که احتمالات را شاخه و زیرمجموعه‌ای از منطق فازی می‌نامند.

توضیح تفاوت میان این دو نظریه البته کار چندان دشواری نیست. منطق فازی با حقایق نادقیق سروکار دارد و به حدود و درجات یك واقعیت اشاره دارد؛ حال آن‌که نظریه احتمالات بر شالوده مجموعه حالات تصادفیِ یك پدیده استوار است و درباره شانس وقوع یك حالت خاص صحبت می‌کند؛ حالتی که وقتی اتفاق بیفتد، دقیق فرض می‌شود. ذکر یك مثال می‌تواند موضوع را روشن کند. فرض کنید در حال رانندگی در یك خیابان هستید. اتفاقاً متوجه می‌شوید که کودکی در اتومبیل دیگری که به موازات شما در حال حرکت است، نشسته و سر و یك دست خود را از پنجره ماشین بیرون آورده و در حال بازی‌گوشی است. این وضعیت واقعی است و نمی‌توان گفت احتمال این‌که بدن این کودك بیرون اتومبیل باشد، چقدر است.

چون بدن او واقعاً بیرون ماشین است، با این توضیح که بدن او کاملاً بیرون نیست، بلکه فقط بخشی از بدن او در خارج اتومبیل قرارگرفته است. تئوری احتمالات در اینجا کاربردی ندارد. چون ما نمی‌توانیم از احتمال خارج بودن بدن کودك از ماشین صحبت کنیم؛ زیرا آشکارا فرض غلطی است. اما می‌توانیم از احتمال وقوع حادثه صحبت کنیم. مثلاً هرچه بدن کودك بیشتر بیرون باشد، احتمال این‌که در اثر برخورد با بدنه یك اتومبیل در حال حرکت دچار آسیب شود، بیشتر می‌شود. این حادثه هنوز اتفاق نیفتاده است، ولی می‌توانیم از احتمال وقوع آن صحبت کنیم. اما بیرون بودن تن کودك از ماشین همین حالا به واقعیت تبدیل شده است و فقط می‌توانیم از میزان و درجات آن صحبت کنیم.