

## ۱- انتقادات اصلی

### الف- عدم وضوح مرزهای مدل (Model Boundary)

بسیاری از متغیرها مانند «شایستگی کارآفرینانه نیروی انسانی» (ردیف ۲) به صورت \*level\* تعریف شده‌اند، اما فرمول یا نرخ‌های ورود و خروج ندارند. یک متغیر سطح بدون نرخ، در طول زمان تغییر نمی‌کند و عملاً ثابت است. این با هدف مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها در تضاد است.

**پیشنهاد:** برای «شایستگی کارآفرینانه» حداقل دو نرخ تعریف کنید:

- «نرخ افزایش شایستگی» (وابسته به سرمایه‌گذاری در آموزش)

- «نرخ فرسایش/کاهش شایستگی» (در اثر ترک سازمان یا کهنگی مهارت)

### ب- استفاده نادرست از تابع RANDOM UNIFORM در پارامترهای ساختاری

در ردیف ۱۱: «هزینه آموزش هر نفر در سطح عالی» با تابع  $(0, 1.5e+09, 7.5e+07)$  RANDOM UNIFORM مدل شده است. استفاده از تصادفی در یک ثابت ساختاری (structural constant) غیرعلمی است، بین ۷۵ میلیون تا ۱٫۵ میلیارد دلار به ازای هر نفر! حتی برای آموزش فزاینده هم اینقدر نیست. مقدار واقعی: مثلاً بین ۵۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ دلار بسته به کشور و دوره. زیرا:

- هر بار اجرای مدل عدد متفاوتی می‌دهد.

- عدم تکرارپذیری نتایج.

**پیشنهاد:** اگر عدم قطعیت دارید، از تحلیل حساسیت (sensitivity analysis) روی یک مقدار پایه واقع‌بینانه استفاده کنید، نه تابع تصادفی در معادله اصلی. مقدار واقعی این هزینه باید از داده‌های میدانی استخراج شود.

### ج- واحدهای متغیرها با فرمول‌ها همخوانی ندارد (Unit inconsistency)

چند نمونه آشکار:

-ردیف ۳۹: ظرفیت زمانی کار قابل تخصیص به قراردادهای نوآورانه =  $0.3 \times$  "زمان-نفر در دسترس برای پروژه نوآوری" اما واحد سمت چپ Dmnl (بی‌بعد) و واحد سمت راست year\*person است.

ضریب اثربخشی (بی‌بعد) باید در داخل نرخ‌ها اعمال شود، نه ضرب نهایی در کل انتگرال. این کار باعث میشود اثر ضریب بر روی انباشت اولیه نیز اشتباه شود.

- پیشنهاد:

( (بهبود \* ضریب اثربخشی) - افت , ۰,۵ ) INTEG

یا اگر ضریب روی هر دو نرخ اثر دارد:

( بهبود\*ضریب - افت\*ضریب , ۵,۰) INTEG

- متغیر سرمایه‌گذاری سالانه در نوآوری (ردیف ۹)

- فرمول: (منافع مالی - سود Time)/تقسیمی - نامفهوم و متغیر تقسیمی تعریف نشده.

- پیشنهاد: شفاف کنید. احتمالاً مقصود (منافع مالی - سود تقسیمی) / Time بوده است. اما Time هم متغیر نیست. بهتر است: منافع مالی  $\times$  نرخ سرمایه‌گذاری مجدد (نرخ را به صورت پارامتر یا تابع تعریف کنید).

- ردیف ۴۰: سطح توسعه پایدار به واحد Dmnl تعریف شده، اما نرخ بهبود آن از تقسیم سرمایه‌گذاری نرمالیزه شده / زمان کار روزانه به دست آمده که واحد Dmnl/year ندارد.

- پیشنهاد: تمام متغیرها را با Units Check در Vensim بررسی کنید. هیچ ضریبی بدون واحد (مانند ۰,۳) نباید با متغیر دارای واحد فیزیکی ضرب شود مگر اینکه آن ضریب واقعاً بدون بعد باشد و در واقعیت هم همین گونه باشد.

### ناسازگاری ابعادی و واحدها (Unit Inconsistency)

واحد بسیاری از متغیرها با فرمول یا متغیرهای مرتبط همخوانی ندارد. این مهم‌ترین خطای مدل است.

متغیر	واحد فعلی	فرمول / مشکل	پیشنهاد اصلاحی
زمان کاری روزانه برای هر نفر	year	مقدار ثابت ۰,۰۰۰۹۱۳ (۸ ساعت تقسیم بر ۸۷۶۰ ساعت) - این یک عدد بی بعد (کسری از سال) است، نه سال.	واحد را Dmnl (بی بعد) قرار دهید.
مجموع زمان-نفر در دسترس	(واحد ندارد)	فرمول: زمان کاری روزانه $\times$ شایستگی کارآفرینانه - در Dmnl حاصل ضرب یک ؛ در person => person صورتی که باید باشد (منظور person $\times$ year «نفر-سال» است).	واحد را person $\times$ year بگذارید و در فرمول از شایستگی کارآفرینانه (person) و زمان کاری (year) استفاده کنید.
قراردادهای قابل اجرای خدمات نوآوری	contract/year	فرمول: ظرفیت قراردادها (contract) / ظرفیت زمانی کار (person $\times$ year) حاصل contract/(person $\times$ year) میشود که صحیح نیست.	به جای تقسیم، باید از ضرب یا نسبت درست استفاده کنید. مثلاً: ظرفیت قراردادها $\times$ نسبتی از ظرفیت زمانی.
ظرفیت زمانی کار قابل تخصیص	person $\times$ year	فرمول: ۰,۳ $\times$ زمان-نفر در دسترس - اگر زمان-نفر در	مشکلی ندارد، ولی متغیر مبدأ را اصلاح کنید.

	دسترس را اصلاح کنید، این واحد هماهنگ می‌شود.		
--	--	--	--

### ج- نادیده گرفتن تأخیرهای زمانی مهم (Ignoring delays)

در مدل، سرمایه‌گذاری در آموزش نیروی انسانی بلافاصله به «نیروی انسانی آموزش‌دیده در سطح عالی» تبدیل می‌شود. در حالی که در واقعیت، آموزش و کسب شایستگی حداقل ۱ تا ۳ سال تأخیر دارد.

- پیشنهاد: از تابع DELAY<sup>۳</sup> یا DELAY MATERIAL در Vensim برای نشان دادن فرآیند یادگیری و توسعه مهارت استفاده کنید.

### د- عدم وجود حلقه‌های بازخورد منفی برای محدودیت منابع

مدل دارای منابع محدود (سرمایه، نیروی انسانی، زمان) است، اما بازخورد منفی کمی دیده می‌شود. مثلاً:

- افزایش تعداد پروژه‌های نوآوری، زمان-نفر در دسترس را کاهش می‌دهد، اما این کاهش دوباره روی شروع پروژه‌های جدید اثر نمی‌گذارد (حلقه بسته نیست).

- پیشنهاد: یک متغیر «بار کاری مؤثر» تعریف کنید:

تعداد پروژه‌های در حال اجرا / زمان-نفر در دسترس و از آن به عنوان محدودکننده نرخ شروع پروژه‌های جدید استفاده کنید.

### ه- نیاز به شفافیت در تابع IF THEN ELSE ردیف ۳

فرمول قراردادهای نوآورانه آغاز شده نوشته شده:

(... , تعداد مطلوب قراردادهای خدمات نوآوری × قراردادهای قابل اجرای خدمات نوآوری, تعداد مطلوب) IF THEN ELSE

این ساختار مبهم است. شرط اولی یک عدد است نه یک عبارت منطقی. احتمالاً اشتباه در ترجمه یا کدنویسی وجود دارد یا قصد محدودیت ظرفیت داشته‌اید، اما نحو (syntax) اشتباه است.

- پیشنهاد: شرط را به صورت واضح بنویسید، مثلاً:

(تعداد مطلوب) ELSE (قراردادهای قابل اجرا) THEN (تعداد مطلوب < قراردادهای قابل اجرا) IF

یا

(تعداد مطلوب قراردادهای خدمات نوآوری , قراردادهای قابل اجرای خدمات نوآوری) MIN

۲- پیشنهادها تکمیلی برای نزدیک‌تر شدن به واقعیت

الف- اضافه کردن «شاخص عقب‌افتادگی نوآوری» (Innovation Lag Index)

در مدل فعلی، رابطه‌ای بین توسعه پایدار و نرخ پذیرش نوآوری وجود ندارد. توصیه می‌شود:

یک متغیر کمکی به نام تأثیر پایداری بر جذب نوآوری با فرمول:

$$1 = \text{اثر پایداری} / (1 + \exp(-k * (0.5 - \text{توسعه پایدار})))$$

و آن را در محاسبه قراردادهای نوآورانه آغاز شده ضرب کنید.

### ب- اضافه کردن محدودیت «ظرفیت جذب سازمانی» (Absorptive Capacity)

صرف سرمایه‌گذاری در آموزش و نوآوری بدون در نظر گرفتن ظرفیت جذب سازمان، خوش‌بینانه است. پیشنهاد:

نیروی انسانی مؤثر = نیروی انسانی آموزش دیده × (سرمایه قابل دسترس برای نوآوری / (سرمایه قابل دسترس + ثابت نیمه‌اشباع))

### ج- تفکیک «هزینه هر ساعت کار انسانی» به دو بخش مستقیم و سربار

در ردیف ۲۶ فقط یک مقدار بازه (۰.۷e+۷,۵ تا ۰.۸e+۱,۵) دیده می‌شود که بسیار زیاد است (۷۵ میلیون؟ احتمالاً واحد اشتباه است).

پیشنهاد:

- هزینه مستقیم: حقوق و مزایا

- هزینه سربار: پشتیبانی، فضای کاری، تجهیزات

و تعریف فرمول: هزینه کل کار = (هزینه مستقیم + هزینه سربار) × زمان-نفر

### د- استفاده از «نمودارهای خط مشی» (Policy Graphs) به جای ثابت‌های دستی

به جای ثابت ۰,۵ برای «سهم پروژه‌های نوآوری» (ردیف ۴) و ۰,۷ برای «نسبت پروژه‌های نوآوری» (ردیف ۴۸)، از توابع وابسته به زمان یا وضعیت سیستم استفاده کنید، مثلاً:

- در سال‌های اول: سهم نوآوری کمتر (۰,۳)

- در سال‌های بعد با افزایش درآمد: سهم نوآوری بیشتر (۰,۷)

این کار با تابع LOOKUP در Vensim انجام می‌شود.