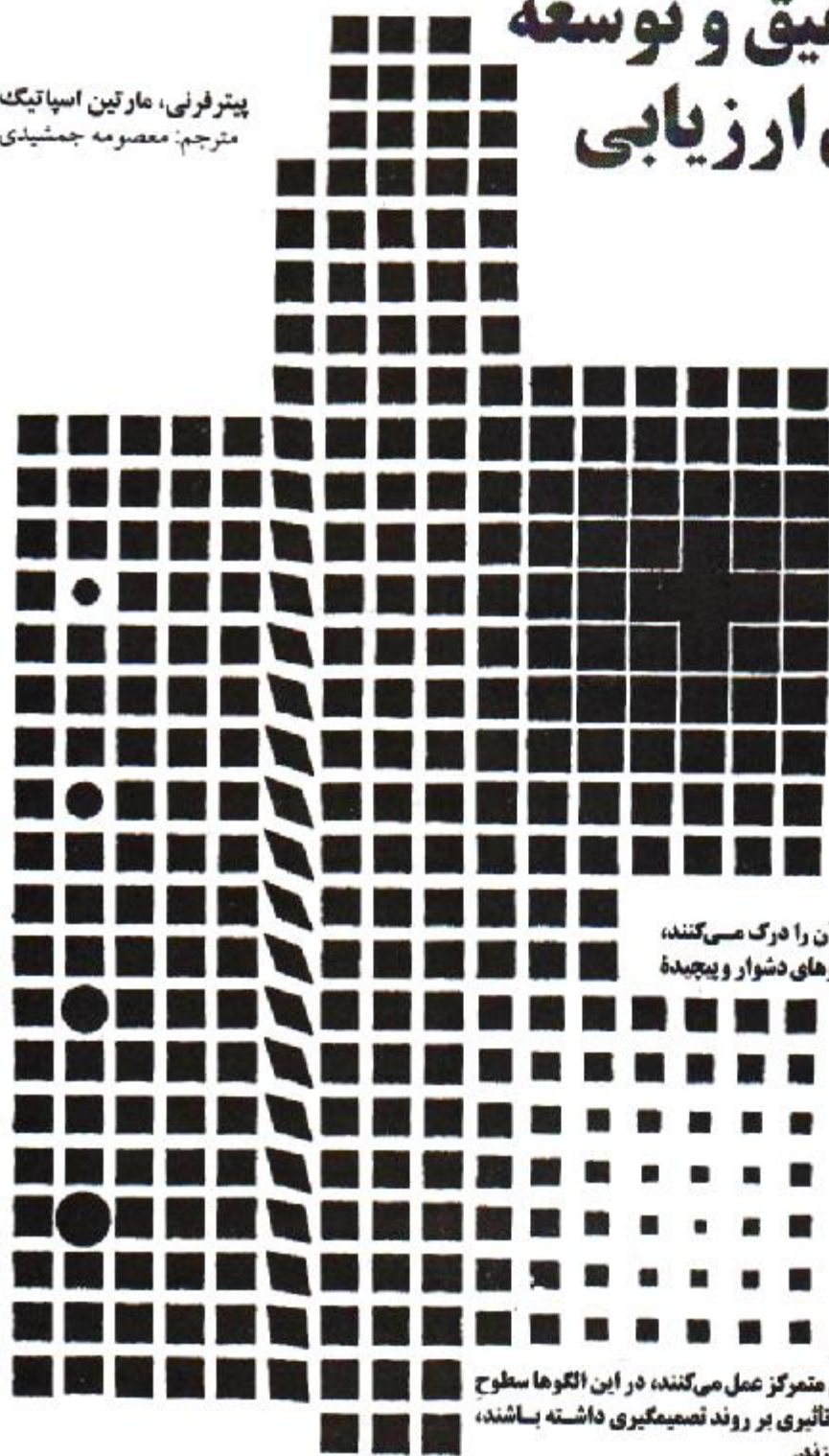


# راهنمای کاربردی انتخاب پروژه تحقیق و توسعه وروشهای ارزیابی

پیتر فرنی، مارتین اسپاتینگ  
مترجم: معصومه جمشیدی



■ از آنجاکه مدیران به پذیرش روشهایی تمایل دارند که کاملاً آن را درک می کنند، انتخاب پروژه تحقیق و توسعه، الگوهای دشوار و پیچیده گزینش خیلی کم دارای ارزش محسوب می شوند.

■ بسیاری از الگوهای برنامه ریزی ریاضی همانند الگوی تصمیمگیری متمرکز عمل می کنند، در این الگوها سطوح پایین تر سلسله مراتب بدون اینکه تأثیری بر روند تصمیمگیری داشته باشند، صرفاً به گردآوری داده ها می پردازند.

□ هدف مقاله حاضر فراهم آوردن مجموعه رهنمودهایی است که مدیران را در انتخاب مناسب ترین الگوی ارزیابی و گزینش پروژه محیط کارشان یاری رساند. نویسندگان مقاله، برای این منظور متون مربوط به این موضوع را مورد بررسی قرار داده و از تجاربشان در کارگاههای آموزشی که برای صنعت سوئیس برپا کرده بودند بهره جسته اند.

نویسندگان با استفاده از این اطلاعات پنج موضوع کلیدی را مشخص کرده اند که در واقع، تابلوهای راهنمایی هستند که مناسب ترین روش انتخاب پروژه را نشان می دهند. وقتی که پیشنهادها کافی برای اجرای هر طرح ارائه شد - تا آن حد که بتوان با امکانات موجود طرح مورد نظر را به اجرا درآورد - باید این موارد را یکی بعد از دیگری پیش چشم آورد: آیا عوامل گزینش قابل اندازه گیری و نمایش عددی هستند؟ یک پروژه تا چه حد به تکمیل پروژه دیگر وابسته است و تا چه حد در اجرای آن اختلال ایجاد می کند؟ آیا پروژه مورد نظر فقط دارای یک هدف است یا اهداف بیشتری را مدتوجه دارد؟ و میزان خطر قابل قبول تا چه حد است؟ این روش به شکل درخت تصمیم گیری دو طرفه ای نشان داده می شود که شاخه های مختلف آن در آخر به دوازده گروه از روشهایی که همواره مطلوب بوده اند (archetypal) می رسد. هرگروه، در کلی ترین صورتف فقط به یکی از موقعیت های عملی مناسب دارد که در ترکیبهای خاصی از

موضوعات کلیدی فوق الذکر و به تشخیص مدیر تعیین می شود. مقاله حاضر محدودیتهای کارایی و نقاط ضعف و قوت روشهای موجود در هریک از این گروهها را مورد ارزیابی قرار می دهد و با ارائه پیشنهادهایی درباره نحوه گسترش و اصلاح یک طرح پایان می پذیرد.

#### مقدمه

مدل سازی برای ارزیابی انتخاب پروژه های تحقیق و توسعه، تقریباً به مدت 30 سال مورد علاقه مدیران و پژوهشگران دانشگاهی بوده است. فاصله قابل توجهی میان « پژوهشگران عملیاتی » ( Operations Researchers ) و مدیران وجود دارد. پژوهشگران عملیاتی ابزار پیشرفته ای در اختیار مدیران قرار می دهند که کاربردشان دشوار است، حال آنکه مدیران به ابزار کارآمدی با کاربرد آسان نیاز دارند که روند تصمیم گیری آنان را در انتخاب پروژه یاری دهد. این مقاله، روشهایی را مورد ارزیابی قرار می دهد که به رفع شکافهای موجود کمک می کند. از انبوه مقالاتی که در این خصوص انتشار یافته

است، سه جهت عمده پژوهشی قابل تشخیص است:

- 1- توصیف الگوهای مربوط به برنامه ریزی در یک موقعیت خاص
  - 2- بررسی مقالات دسته اول
  - 3- مطالعات تجربی درباره استفاده عملی الگوهای مختلف در صنعت
- مقالات دسته اول معمولاً محدود است به مدل سازی ای تصمیم گیری در مورد موضوعی خاص در یک شرکت صنعتی، یا مؤسسه دولتی با پیشینه عملی کم و یش موفق. در این مورد، اغلب، تأکید بر به دست آوردن فرمول مدل ریاضی است تا حل الگوریتمها و ملاحظات فرآیند برنامه ریزی .

تلاشهایی که برای رفع نقایص مقالات دسته اول - که ناشی از نبود توجه به همه موارد است - صورت گرفته به بررسی های متعددی منجر شده است. مقالات دسته دوم در برگیرنده نوشته هایی است که برای مدتی طولانی در برخی مجلات به چاپ رسیده اند. این نوشته ها براساس ملاکهایی همچون نوع راه حل دسته بندی شده اند. بیکر و پاوند (1964) ده مقاله را که در سالهای

1958 تا 1964 منتشر شده بود، مورد بررسی قرار دادند. کار این دو نفر را سترون و دیگران (1967) با بررسی 30 روش ارزیابی و انتخاب پروژه گسترش دادند . بعدها بیکر و نرلند (1975) این تحقیق را روزآمد کردند. مقالاتی که اخیراً جکسون منتشر کرده، طیف وسیعی از روشهای ارزیابی و انتخاب پروژه را دربر می گیرد (a) 1983 و b) 983). سودر و منداکوویچ (1986) به نقایص و محدودیتهای چندین روش اشاره کرده اند. منابع بسیاری در زمینه الگوها انتخاب پروژه، در مقالات کارآمد دانشگاه برن سوئیس ارائه شده است (فرنی ، 1988) .

برای تعیین حل کارایی الگوهای مختلف، چندین مطالعه تجربی صورت گرفته است. از شناخته ترین نمونه های مقالات دسته سوم می توان کارهای لیبراندر و تیتوس (1983) از ایالات متحده آمریکا واتز و هیگینز (1987) از بریتانیا را برشمرد. یافته های آنها حاکی از آن است که مدلهای ظاهراً ساده ای مانند روشهای استفاده از فهرستهای بازبینی (چک لیست) امتیازدهی، کاربرد وسیعی

دارند. حال آنکه، روشهای مدلسازی پیچیده ای مانند برنامه ریزی ریاضی (mathematical programming) تاکنون تأثیر اندکی داشته اند. این نتایج در مطالعه ای تجربی در دانشگاه برن سوئیس در سال 1987 تأیید شده است (فرنی و وایبل، 1987).

مدیرانی که با موضوع انتخاب پروژه تحقیق و توسعه روبه رویند مقالات بسیاری از نوع مقالات دسته اول و دوم در اختیار دارند، ولی این مقالات حاوی آن اطلاعاتی نیست که برای مدیران حیاتی است و به تصمیم گیری آنان در مورد نوع الگوی مناسب برای مسئله خاصی که با آن مواجه هستند مربوط می شود. هدف این مقاله فراهم آوردن مجموعه ای از موضوعات کلیدی است که مدیران باید در انتخاب الگوی مناسب ارزیابی و گزینش آن را مورد توجه قرار دهند.

این موضوعات ازم نابع منتشر شده ای مانند سودر (1972) - یکی از معدود مقالاتی که مدلسازی را از دیدگاه مجری آن مورد بررسی قرار داده - و بیکر و فریلند (1975) و نیز سمینارهای صنعتی

که هر شش ماه یک بار در کارگاه های برنامه تحقیق و توسعه (R&D) دانشگاه برن برگزار شده، استخراج شده است. مواردی که در این مقاله به آنها اشاره می شود عبارت است از:

- 1- تمرکز بر مسائل بحران زا
- 2- میزان قابلیت اندازه گیری عوامل مربوط به هم
- 3- میزان وابستگی متقابل پروژه ها
- 4- در نظر داشتن یک یا چند هدف
- 5- میزان خطر

در ادامه، جوانب مهم این موضوعات مورد بحث قرار گرفته و سپس، با ترکیب ارزشهای کسب شده از ارزیابی این موضوعات، 12 مورد مشخص و متمایز می شود. برای هر یک از این موارد، یک یا چند الگو ارائه می شود. بحث پیرامون این موارد، با مثالهایی از مقالات دسته اول که غالباً مربوط به دهه گذشته و دارای ارتباط عملی با موضوع هستند، تکمیل می شود.

فکر می کنیم که روشی که ارائه کرده ایم ابزاری است که هم با پروژه های تازه پیشنهاد شده و هم با پروژه های در حال اجرا قابل انطباق است. اگر بتوان از

کارهای انجام شده در گذشته و هزینه های صرف شده صرف نظر کرد، هر تصمیمی که گرفته شود، چه منجر به توقف پروژه شود یا تداوم در تأمین بودجه پروژه را به دنبال داشته باشد، کاملاً مانند این است که پروژه ای جدید را شروع کنیم (بِدِل ، 1983). بنابراین، میان انتخاب یا تصمیم های مجدد تمایزی قائل نمی شویم .

### موضوع 1: مسئله اصلی را حل کنید!

انتخاب پروژه های تحقیق و توسعه با مسائلی روبه روست شامل زیر مجموعه ای متشکل از پروژه های بالقوه ای که باید در نظر گرفتن منابع موجود مانند نقدینگی، نیروی انسانی و زمان کنترل مخصوص انتخاب شود. ممکن است این منابع به میزان مورد نیاز در دسترس نباشد. نتیجه انتخاب، پروژه هایی را باز می نمایاند که با توجه به اهداف شرکت ارزش برگزیده شدن را داشته اند. پروژه های بدون آینده مطمئن نیز به این ترتیب مشخص می شوند . پیش از انتخاب یک پروژه، باید کلیه پیشنهادهای ارائه شده ارزیابی شود.

تردید نیست که امروزه تصمیم گیری در انتخاب پروژه تحقیق و توسعه و ارزیابی پیش از آن، در موفقیت اقتصادی بسیاری از شرکتها اهمیت بسزایی دارند. با این همه، باید تأکید کرد که مدیریت تحقیق و توسعه طیف گسترده ای از مسائل را در بر می گیرد. پیش از ارزیابی انتخاب پروژه ها، باید همه آراء و نظریات گردآوری و به صورت پیشنهادهایی ارائه شوند؛ پس از انتخاب، پروژه های منتخب را باید زمانبندی، روزآمد و کنترل کرد. در این میان مسائل سازمانی و منابع انسانی خارج از حوزه الگوهای صوری را نیز می توان حایز اهمیت شمرد.

---

■ در صورت شکست پروژه ای ، اگر خطر را به مفهوم از دست دادن بهترین راه حل مطرح کنیم، تصمیمی که تحت شرایط خطر و عدم قطعیت اتخاذ می شود، مقبول تر است.

---

به عنوان مثال ، در مورد شرکتی که تاکنون نتوانسته در گردآوردن تعداد کافی پروژه پیشنهادی توفیقی به دست آورد، نادرست است اگر توصیه شود که

منابع خود را برای ساختن الگویی پیشرفته در انتخاب پروژه به کار گیرد. حال آنکه، این شرکت باید توجه خود را روی روشهای خلاقیت، تشویق به تحقیق و مسائل ارتباطی متمرکز کند. همچنین، پیشرفته ترین الگوی انتخاب پروژه برای شرکتی که قادر به کنترل هزینه ها و موعد تحویل پروژه هایش نیست، بدترین پیشنهاد خواهد بود.

موضوع 2: تعیین کنید چه میزان از اطلاعات مربوط به تصمیم گیری، قابل اندازه گیری (نمایش عددی) هستند!

این تصمیم که کدام الگو باید برای پروژه انتخاب شود تحت تأثیر نوع داده هایی است که برای ارزیابی نتایج پروژه ارائه می شود. ارزیابی پروژه های تحقیق و توسعه را می توان به عنوان اقدام نخستین در انتخاب بعدی پروژه ها در نظر گرفت. ارزیابی عبارت است از سنجش پروژه ها با ملاک های کمی و کیفی. ارزیابی پروژه ها به ارائه اطلاعات جامعی درباره اهداف پروژه، تأثیرات اقتصادی، نیاز به منابع و

جذابیت احتمالی بازار و نحوه اجرای آن منجر می شود.

در شرایطی که می توان بیشتر اطلاعات را به صورت عددی بیان کرد (الزاماً به صورت قطعی، نگاه کنید به موضوع 5)، در مقایسه با هنگامی که مقدار معتنا بهی از اطلاعات کیفی است (به عنوان مثال توان بازار بالا است) یا اصولاً اطلاعات وجود ندارد (به عنوان مثال احتمال تولید یک محصول به لحاظ فنی ممکن در این زمان قابل پیش بینی نیست) راه دیگری برای مدلسازی در پیش گرفته می شود.

غالباً، تمایزی که میان داده های عمدتاً کمی و کیفی وجود دارد میان پروژه های توسعه و تحقیق نیز دیده می شود. اگر تحقیق حرکت به سمت دانسته های تازه باشد، توسعه را باید کاربرد آن دانسته ها در تولیدات و فرآیندهای تولیدی محسوب داشت. فعالیتهای تحقیق و توسعه ویژگیهای مشترک بسیاری دارند. این فعالیتهای غالباً درازمدت هستند (اگر چه پروژه های توسعه معمولاً دامنه زمانی کوتاه تری دارند)، به نتایج قطعی منتج نمی شوند و به مدیریت پروژه ای خاصی نیاز دارند. برای آنکه با متون

موجود در خصوص الگوهای انتخاب تحقیق و توسعه همسو باشیما در اینجا صراحتاً میان پروژه های تحقیق و پروژه های توسعه تفاوتی قائل نمی شویم؛ با اینکه پروژه های توسعه بیشتر به روش تجزیه و تحلیل کمی پاسخ می دهند چرا که ، برآورد داده های درونداد برای فعالیتهای توسعه - که در قیاس با تحقیق حض اهداف کاملاً مشخصی دارند - آسان تر است. بنابر تعریف ارائه شده، پروژه های تحقیق به تولید یا فرآیند ویژه ای نمی انجامند. در نتیجه مزیت این پروژه ها عمدتاً علمی است تا اقتصادی و همین ویژگی، ارزیابی آنها را دشوارتر می کند.

### موضوع 3: به وابستگی متقابل پروژه ها توجه کنید!

به طور کلی، هرگاه پروژه ها حداقل یک منبع با ارزش را مشترکاً مصرف کنند، به یکدیگر وابسته اند. اگر منابع اختصاصی تعیین کننده ای مانند مهندسی یا زمان کنترل محصول برای برخی از پروژه ها ضروری باشد، در روش برنامه ریزی ریاضی، جزو موانع

محسوب می شود (نگاه کنید به مورد 5) . در کوتاه مدت، منابع انسانی و دیگر منابع مادی ضرورتهاى عمده اند. حال آنکه در درازمدت ممکن است بسیاری از منابع - که دیگر ثابت محسوب نمی شوند - احتمالاً به صورت ضرورتهاى مالی در بودجه پروژه مطرح شوند. در صورتی که دسترسی به منابع موجود متغیر است، تعیین اولویتهای پس از مرحله ارزیابی برای انتخاب ترکیب پروژه کافی است.

مثال: ممکن است پس از تعیین بودجه ده میلیون واحدی برای مجموعه ای پروژه های مفید متوجه شویم که به بودجه ای یازده میلیون نیاز داریم، اگر تأمین بودجه یک میلیون اضافی ممکن باشد، اجرای هر سه پروژه می تواند ادامه یابد، در غیر این صورت باید در جستجوی ترکیب جدیدی برای پروژه بود.

در انتخاب پروژه تحقیق و توسعه نوعاً پروژه ها به روشهای دیگری نیز به هم وابسته اند. نتیجه تحقیق پروژه الف ممکن است نتیجه پروژه ها ب و ج را تحت تأثیر قرار دهد و بر محصولات

موجود یا جدید اثر بگذارد. روش سیستماتیک قدیمی تری برای پروژه های وابسته به یکدیگر توسط آکر و تای بی (1978) تهیه شده است. (نمودار 1). آکر و تای بی سه نوع وابستگی متقابل را چنین مشخص نموده اند:

- تداخل تشدید کننده در بهره وری از منابع. اگر از منابع به صورت مشترک استفاده شود، هزینه اجرای مشترک دو یا چند پروژه ممکن است از هزینه اجرای تک تک پروژه ها کمتر باشد.

- وابستگی فنی متقابل. پروژه ها ممکن است به صورت متوالی به هم وابسته باشند. اگر پروژه ای تنها در صورتی به اجرا در می آید که پروژه های ماقبل آن اجرا شده باشند، این زنجیره پروژه ها جبری خوانده می شود. ممکن است این زنجیره تصادفی باشد و آن در صورتی است که احتمال موفقیت پروژه ای منوط به نتیجه پروژه های پیشین باشد.

- وابستگی متقابل نتیجه. این اصطلاح فعالیت مشترک نهایی میان پروژه ها یا یک پروژه و محصولات موجود را در بر می گیرد.

موضوع 4: در مورد اهداف مرتبط پروژه توافق حاصل کنید!

هنگامی که پروژه ای یک یا چند هدف دارد، می توان روشهای مدل سازی مختلفی را به اجرا درآورد. روشهای تک هدفی معمولاً ساده تر هستند ولی با موقعیت های واقعی دنیای خارج رابطه دقیقی ندارند، زیرا در آنجا عوامل دیگری مانند سود، سهام بازار، تنولوژی، بهره برداری از ظرفیت و غیره مهم هستند.

موضوع 5: به خطرات و قطعیت نداشتن توجه کنید!

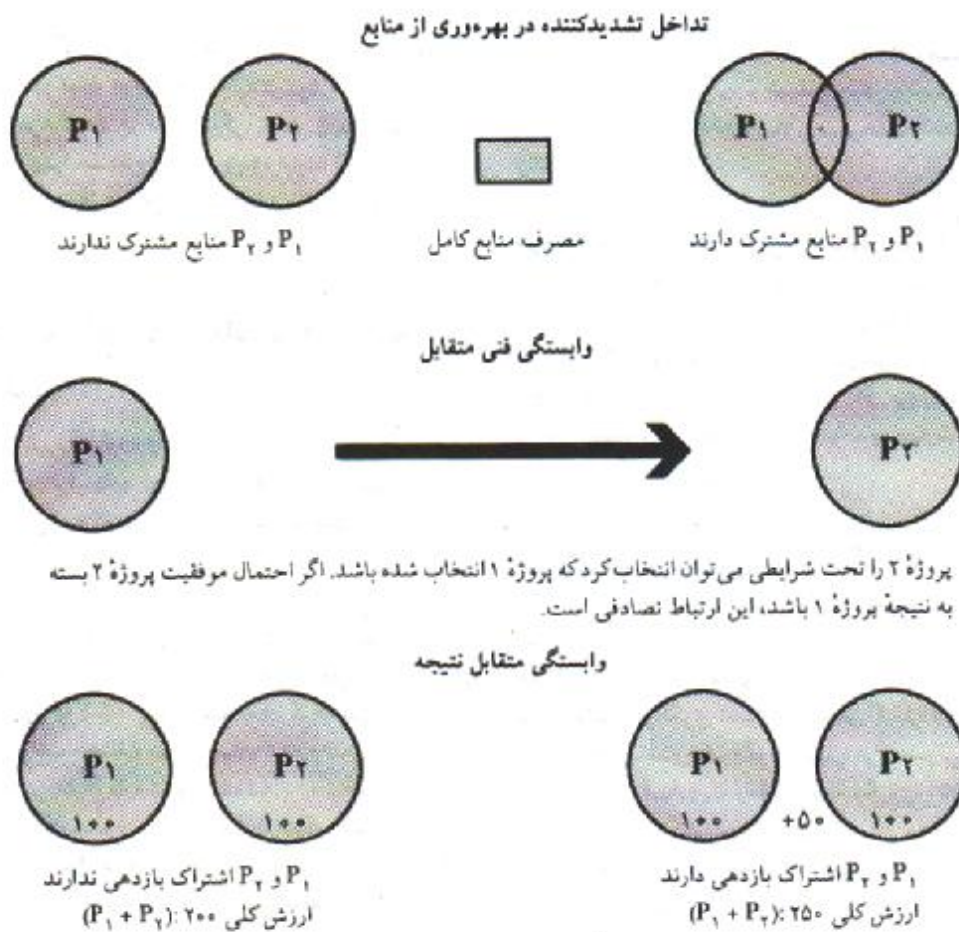
یکی از مسائل عمده موجود در روند انتخاب تحقیق و توسعه خطر و قطعیت نداشتن یک پروژه است. از آنجا که داده ها و اطلاعات مربوط به پروژه های تحقیق و توسعه هیچگاه دقیقاً قابل پیش بینی نیستند، الگوهای گزینش باید در مقابل تغییرات احتمالی انعطاف لازم را داشته باشند. الگوهای کمی معمولاً به تصمیم گیری در شرایط مخاطره آمیز منجر می شود و آن زمانی است که مجموعه تمام نتایج ممکن شناخت شده است و می توان توزیع احتمال وقوع



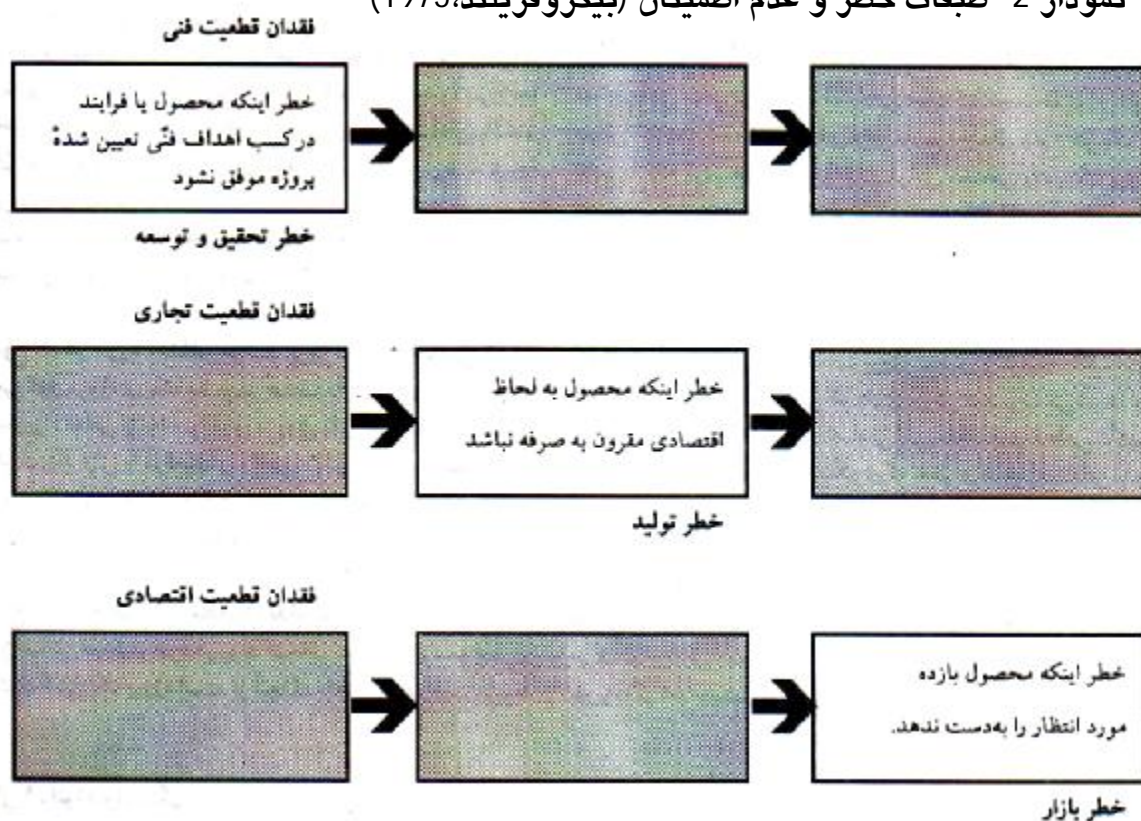
که کاملاً آن را درک می کنند،  
انتخاب پروژه تحقیق و توسعه، الگوهای  
دشوار و پیچیده گزینش خیلی کم دارای  
ارزش محسوب می شوند. در نتیجه، ما  
به جای مدل سازی تصادفی بر مدل  
سازی قطعی تأکید می ورزیم و از آن  
فرآیند تصمیم گیری که خطر و قطعیت  
نداشتن را به لحاظ کمی ارزیابی می کند،  
جانبداری می کنیم.

هریک از نتایج را ارائه کرد. خطر ممکن  
است عوامل مختلفی را در یک پروژه  
تحت تأثیر قرار دهد مانند تکنولوژی،  
هزینه و بازار (نمودار 2).  
ما از روشهایی حمایت می کنیم که در  
آنها هم خطر و هم نبود قطعیت صراحتاً  
نه در الگوی انتخاب که روند تصمیم  
گیری مدنظر قرار می گیرند. از آنجا که  
مدیران به پذیرش روشهایی تمایل دارند

نمودار 1 - انواه وابستگی های متقابل (آکروتای بی، 1987)



## نمودار 2- طبقات خطر و عدم اطمینان (بیکروفریلند، 1975)



برخی از نویسندگان (مانند آکر و تابی 1978) با محدود کردن محاسبات خود به ارزشهای مورد انتظار، موضوعی مخاطره آمیز را به فرمول سازی جبری به موضوعی معادل (equivalent) تبدیل می کنند. این رویه ممکن است نتایج خوبی به دنبال داشته باشد، به ویژه اگر تعداد بیشتری پروژه مورد توجه قرار گیرد، زیرا در آن امکان به دست آوردن میانگین وجود دارد. همچنین است در شرایطی که انحراف ضریب کم است (برای مطالعه بیشتر

درباره این موضوع به پوپ، 1988 رجوع کنید). در موارد دیگر، خطر را باید بی واسطه مدنظر قرار داد، زیرا مستلزم روشی ویژه است؛ احتمالاً روشی منعطف که به مرور زمان و با افزایش اطلاعات، امکان تغییر و اصلاح تصمیم را بدهد.

سیستم ترکیب نتایج موضوعات برای حمایت از الگوی انتخاب

در نمودار 3، ترکیبی متفاوت از عوامل پنج موضوع ذکر شده ارائه گردیده

است. این ترکیبها، به دوازده مورد گوناگون از انواع الگوهای مناسب منتهی می شود که در پایین ترین سطح درخت درج شده اند. این نمودار، صورت گسترش یافته و اصلاح شده روش رده بندی است که بروکوف ارائه کرده بود (178 و 1984). موضوع 1 را باید در صدر سایر موضوعات قرار داد و هدف از ذکر آن یادآوری اهمیت آن است. از آنجا که موضوع 5 در شرایط حاضر عامل تعیین کننده ای نیست، در مواردی که کمیت پایین است به کار گرفته نمی شود نمودار 3، از جوانب مختلف نمایش ساده شده واقعیت است. هر موضوع با پرسشی نشان داده شده است که باید به عنوان چکیده چرسشنامه ای درباره موضوع مربوط به آن به حساب آید. غالباً، پاسخ یک سؤال در یک مقوله قطعی (مانند « بالا » یا « پایین ») قرار نمی گیرد و معمولاً بینابینی است، اما در اینجا به منظور حفظ تعداد موارد از آن صرف نظر شده است. سرانجام، اینکه فهرست انواع الگوهای پیشنهادی کامل و جامع نیست و عنوان رهنمودی کلی ارائه می شود تنظیم این موارد براساس روش

واحدی صورت گرفته است. به عبارت دیگر، اعداد بالاتر مربوط به واحدهایی هستند که بیشتر معرفی شده اند.

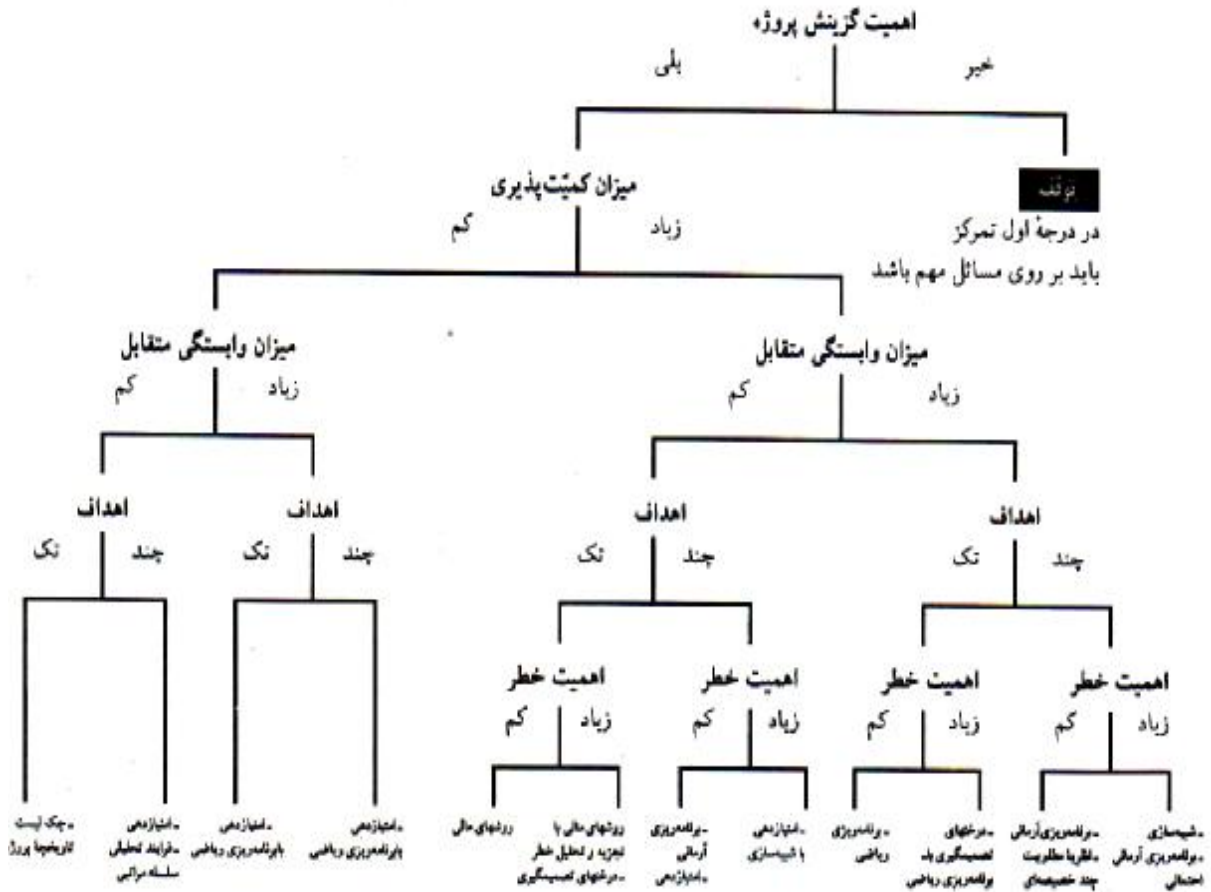
#### مورد 1: کمیت پذیری پایین، وابستگی متقابل کم، تک هدف

این ساختار کاملاً ساده است و نیاز به الگوهای پیچیده ریاضی که دارای ارزش نامشخصی است ندارد، زیرا میزان اطلاعات کیفی موجود قابل توجه است. فهرستهای بازبینی (چک لیست) تاریخچه پروژه، ابزار مناسب و جامعی برای ارزیابی پروژه در اختیار می گذارد و امر تصمیم گیری را به قضاوت مدیران می سپارند (برای بررسی این مدلها رجوع کنید به تویس 1986).

#### مورد 2: کمیت پذیری پایین، وابستگی متقابل کم، چند هدف

در این شرایط نیز می توان فهرستهای بازبینی و تاریخچه پروژه چند هدفی را به کار گرفت. با این همه، بدون داشتن روش جمع بندی، دشوار است که مقایسه های چند بُعدی را به رده بندی تبدیل کرد. به همین منظور از الگوی

### نمودار 3- چهارچوب تناسب مدل انتخاب پروژه در شرایط مختلف



مشخصات هر پروژه در ارتباط با یک ملاک معمولاً با یک مقیاس پنج درجه ای اندازه گیری می شود. برای هر ملاک به پروژه یک امتیاز داده می شود. این امتیاز در ارزش خود ملاک ضرب می شود. برای محاسبه ارزش یک پروژه، خاص ضرب امتیازها را در هریک از ملاکها جمع می کنیم. رده بندی پروژه ها براساس ارزش آنها، تصمیم گیری در انتخاب را آسان می کند. با تعیین یک

امتیازدهی به طور گسترده ای استفاده می شود. شاید بتوان ساختار یک الگوی امتیازدهی معمولی را به این صورت توصیف کرد: تعدادی از راههای تصمیم گیری مستقل را بر اساس ملاکهای کمی و کیفی مقایسه می کنیم. این ملاکها نشانگر اهداف مرتبط و «جمع ناپذیر» هستند که معمولاً بنابر اهمیت نسبی که دارند ارزشهای مختلفی کسب می کنند.

آستانه ارزش یا محدودیت منابع می توان نقطه توقف کار را مشخص نمود. مثال: (جدول 1) یک شرکت هواپیماسازی فرضی با استفاده از سه ملاک « قابلیت جذب تکنولوژیک»، « توان اقتصادی بالقوه» و « قابلیت فنی» از طری الگوی امتیازدهی پنج پروژه را ارزیابی می کند. این ملاکها هر یک دارای

اهمیت نسبی مختلف با ضریبی از صفر تا یک هستند. امتیاز احتمالی هر پروژه در ارتباط با هر یک از ملاکها بین یک (بسیار ضعیف) و پنج (بسیار خوب) است. ارزش پروژه با افزودن امتیازهای پروژه ضرب در تمام ملاکها محاسبه می شود. اگر پروژه 4 بالاترین ارزش را کسب کند، در جایگاه اول قرار می گیرد.

جدول 1 - الگوی ساده امتیازدهی برای ارزیابی پروژه

پروژه	قابلیت اجرایی تکنولوژیک ارزش: 0/2	قابلیت جذب فنی ارزش: 0/3	توان اقتصادی بالقوه ارزش: 0/5	امتیاز پروژه
P <sub>1</sub> طرح بال جدید برای محصول الف	4 (0/8)	3 (0/9)	3 (1/5)	3/2
P <sub>2</sub> بدنه کشیده هواپیما برای محصول ب	2 (0/4)	4 (1/2)	3 (1/5)	3/1
P <sub>3</sub> تست موتور برای محصول ج	4 (0/8)	4 (1/2)	3 (1/5)	3/5
P <sub>4</sub> نمونه اولیه محصول **	4 (0/8)	3 (0/9)	5 (2/5)	4/2
P <sub>5</sub> سیستم جدید هواپیماسازی برای محصول د	3 (0/6)	4 (1/2)	3 (1/5)	3/3

■ روش شبیه سازی، تصمیم گیرندگان را از وجود خطر آگاه می کند و در واقع، ابزاری برای پیش بینی بهتر داده های مالی است.

با وجود این، انتخاب پروژه‌ها براساس رده بندی آنها ممکن است مخاطره آمیز باشد. باری دوری گزیدن از انتخاب پروژه ای که براساس یکی از ملاکهای مهم بازده بدی دارد، می توان از روش انتخاب از پیش برای حذف پروژه هایی که مشخصات نامتعادل دارند، استفاده کرد. تعیین چهارچوبی با ملاکهای کاملاً مستقل دشوار است. در مثال ما، برای جلوگیری از تداخل ملاکها، « قابلیت جذب تکنولوژیک » و « توان اقتصادی بالقوه » باید به وضوح تعریف شوند.

الگوهای امتیازدهی در انتخاب پروژه های چندهدفی پیشینه طولانی دارند. این مطالب در مطالعات تجربی در ایالات متحده آمریکا (لیبراتور و تیتوس، 1983) و بریتانیا (واتس و هی جنینز، 1987) نشان داده شده است. یکی از نخستین مقالات در زمینه ارزیابی پروژه تحقیق و توسعه، توسط ماتلی و نیوتون (1959) به توصیف یک روش امتیازدهی می پردازد. الگوی دین وینشری (1965) را شاید بتوان نمونه ای از الگوی ارزیابی تحقیق و توسعه به شمار آورد. دریر

(1974) الگوهای امتیازدهی بیشتری را بررسی کرده است.

الگوهای امتیازدهی، به رغم رواج آشکارشان داراین قایصی هستند. تبدیل خصوصیات یک پروژه به امتیازهای ملاکها و جمع بندی مقیاسهای کمی و کیفی در امتیازهای نهایی دشوار است. از آنجا که ارزیابی پروژه امری چند بُعدی است، ملاکها باید جمع ناپذیر باشند. از آنجا که در واقعیت با محدودیتهایی از این نوع بسیار کم برخورد می شود، غالب الگوهای امتیازدهی که عملاً به کار گرفته می شدند - به نسبت های متفاوت - به رویه ارزیابی گرایش دارند. امتیاز نهایی یک پروژه تا حد بسیاری به نحوه جمع بندی امتیازهای ضریب دار ملاکها بستگی دارد. از آنجا که عملکرد الگوهای امتیازدهی براساس ارزیابی ارزشهای کمی و کیفی است، روندهای ارزیابی غالباً توسط گروهی مانند کمیته ارزیابی فنی (TAC) صورت می گیرد.

کاستلو (1983) الگوی امتیازدهی ای ارائه کرد که در یک آزمایشگاه دولتی بزرگی در ایالات متحده آمریکا به کار

گرفته شده است. این الگو بخشی از فرایند گزینش در بافت روش طراحی یکپارچه پروژه محسوب می شود که هاز مطرح شدن آراء و نظریات شروع و به کنترل پروژه ختم می شود. الگوی گزینش روندی است که از رده بندی صنایع آغاز و به انتخاب مجموعه پروژه تحقیق و توسعه منتهی می شود. در دو مرحله اول، فعالیت کارکنان مدیریت ارشد لازم است و با ارزیابی و رده بندی صنایع امیدبخش در ده بیست سال آینده و مشخص ساختن نوع تحقیقات لازم، راهبرد تحقیق و توسعه را مشخص می سازد. در مرحله بعد - که توسط مدیران رده متوسط در کمیته های اختصاصی انجام می شود - جایگزین کارآمدی برای محاسبه توان بالقوه بازار، هزینه، رقابت، عدم قطعیت و مزیت علمی پروژه های پیشنهادی تحقیق و توسعه انتخاب می شود.

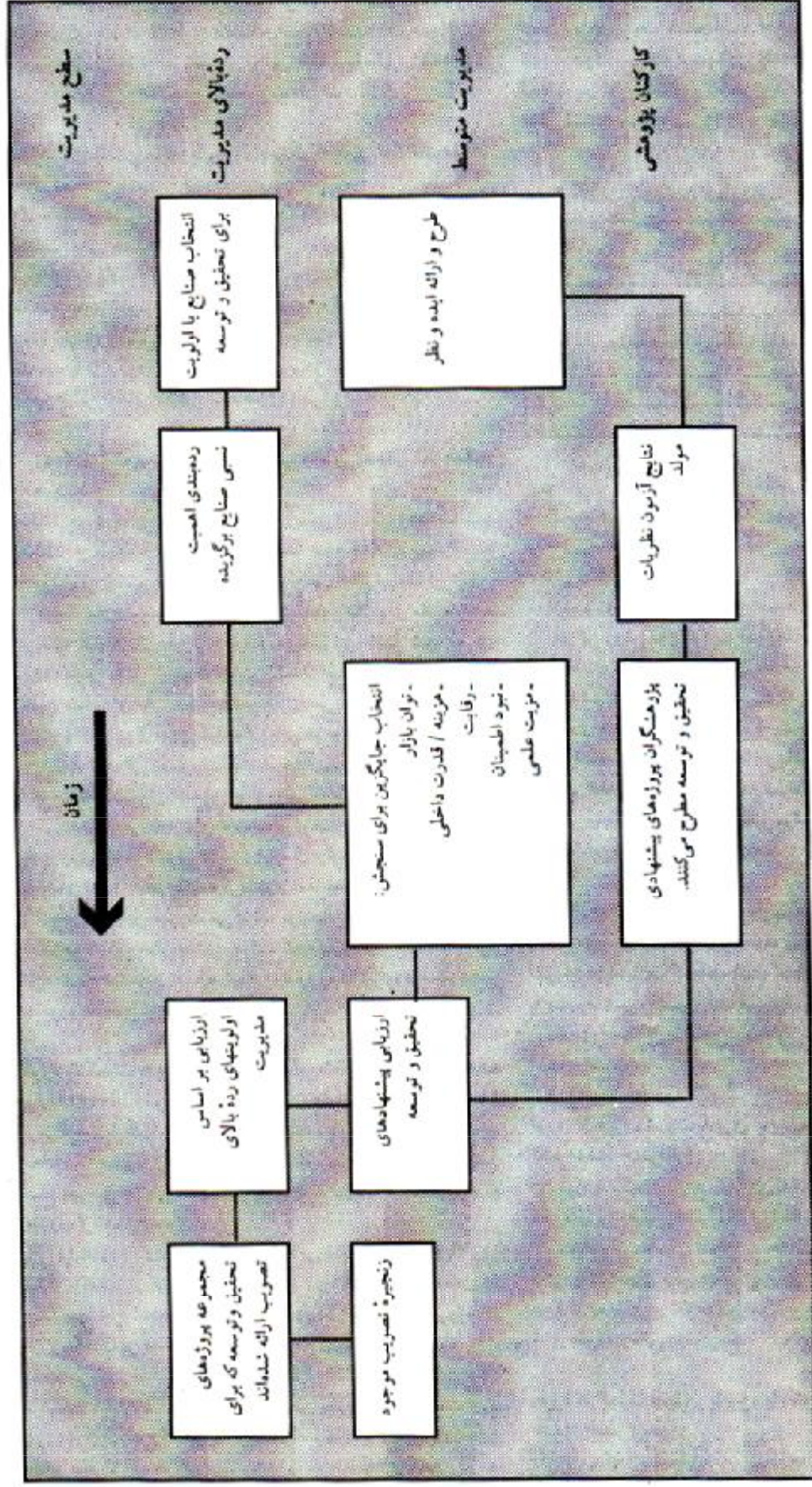
پروژه ها براساس روش جمع - صفر ارزیابی می شوند؛ یعنی مجموع کل نمره های پروژه های مختلف پیش از ارزیابی تعیین می شود.

مثال: چهار پروژه براساس سه ملاک ارزیابی می شوند. امتیاز هر پروژه براساس ملاکی خاص یک واحد خوانده می شود. امتیاز متوسط هر واحد به طور دلخواه دارای پنج نمره و مجموع نمره ها 60 است (12 واحد ضرب در پنج امتیاز متوسط). در نتیجه، ارزیابی کننده باید دقیقاً 60 نمره را در بین پیشنهادها تقسیم کند.

هریک از اعضای کمیته، پروژه را ارزیابی می کند. برآورد هر یک از آنها با امتیاز کل هر پروژه جمع می شود و با میزان اهمیت صنعت مورد نظر در مقوله مورد تحقیق تطبیق داده می شود. رده بندی بعدی با آمار بیشتری درباره طیف نمره های هر پروژه و برخی داده های مالی مانند بودجه لازم و نرخ سود (امتیاز کل هر پروژه تقسیم بر بودجه مورد نیاز) همراه است.

روش کاستلو امیدبخش است؛ زیرا نه تنها الگویی است برای انتخاب، بلکه شیوه ای است برای تعیین حدود وظایف و مسئولیتهای سطوح مختلف سازمانی یک شرکت (نمودار 4) و می توان آن را به عنوان ابزاری برای تلفیق طراحی راهبردی و طراحی تحقیق و توسعه به کار گرفت.





نمودار ۴- الگوی طراحی و انتخاب پروژه تحقیق و توسعه. (کاستلو ۱۹۸۳)



همچنین روش جمع - صفر از گرایش به ارزیابی جانبدارانه پروژه جلوگیری به عمل می آورد. با وجود این، این روش ضعف هایی نیز دارد: ممکن است یکی از اعضای کمیته ارزیابی وسوسه شود تا به هر دو سوی امتیاز متوسط یک جور امتیاز بدهد. در واقع، این روش پروژه را براساس مزیت های خود پروژه ارزیابی نمی کند، زیرا اختصاص امتیاز به یک پروژه به طور غیرمستقیم به امتیاز پروژه های دیگر بستگی دارد. گزینش پروژه ها تنها براساس رتبه آنها نیست. مهمتر از همه آنکه، روش پیشنهادی این الگوها تابع تغییراتی است که در رده بالای مدیریت روی آنها صورت می گیرد. در اینجا است که تأکید نویسنده بر قضاوت خوب به جای محاسبات پیچیده مطرح می شود.

در منابع موجود، روش دیگری نیز مورد توجه واقع شده که عبارت است از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (برای جزئیات ر.ک. به ساتی 1980). لاکت و دیگران (1986) و لیبراتور (1987) از کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی حمایت می کنند، زیرا این روش یک مسئله را در چندین سطح سلسله مراتبی

مطرح می کند و کاربرد آن نیز آسان است؛ با اینکه ممکن است تا حدودی کند و کم تحرک به نظر رسد زیرا از مدیران می خواهد تا صرفاً مقایسه های دوجانبه ای را میان عناصری همسطح انجام دهند. با وجود این، کاربردهای فرایند تحلیل سلسله مراتبی در تصمیمگیری تحقیق و توسعه هنوز رویه استاندارد محسوب نمی شود.

مورد 3: کمیّت پذیری پایین، وابستگی

متقابل کم، تک هدف، خطر کم

اگر داده های مربوط عمدتاً عددی باشد، می توان آنها را براساس مقیاسی مالی جمع بندی کرد. اگر در عین حال، ارزشهای پیش بینی شده از اطمینان بالایی برخوردار باشند، می توان پروژه های توسعه را مانند بسیاری از پیشنهاد های سرمایه گذاری به کمک روشهای شناخت شده تجزیه و تحلیل مالی مانند « ارزش خالص فعلی»، «روش برگشت سرمایه یا نرخ بازده داخلی» ارزیابی کرد. در اینجا، انتخاب براساس رده بندی پروژه های ارزیابی شده صورت می گیرد.

مورد 4: کمیّت پذیری بالا، وابستگی

مقابل بسیار، تک هدف، خطر زیاد

همانند مورد 3، روشهای مالی برای

ارزیابی این پروژه ها مناسب هستند. از

آنجا که در پیش بینی داده ها عدم

قطعیت زیاد است، رده بندی پروژه ها

براساس تحلیل مالی قطعی معتبر نیست.

در نتیجه، در اینجاف پیش بینی خطرهای

احتمالی براساس ملاکهای مالی توصیه

می شود تا اطلاعاتی در مورد ثبات رده

بندی نیز حاصل شود (هرتز، 1964). در

تحلیل خطر، ترکیبات متعدد اطلاعات

درونداد برای تعیین مقیاسهای مالی

مطلوب شبیه سازی می شوند تا

ارزشهای مورد انتظار و انحراف از

معیار مقیاسهای مالی هر پروژه به دست

آید.

بازده احتمالی تصمیمات چند مرحله ای

در درخت تصمیم گیری ارائه شده است.

برای انتخاب چند روش مناسب از میان

معدودی روش جمع ناپذیر، درختهای

تصمیم گیری ابزار ارزشمندی هستند.

جمع آوری داده ها (ارزش نتایج و

احتمال وقوع آنها) را می توان با تجزیه

و تحلیل خطر مقایسه کرد؛ در داده ها

محسابت سریع تر و فقط با انجام یک

عمل صورت می گیرند، در حالی که

برای کسب نتایج معتبر در تحلیل خطر

چندین حرکت شبیه سازی لازم است؛

با وجود این، کاربرد درختهای تصمیم

گیری محدود است (برای توضیح بیشتر

به مورد 8 رجوع کنید).

مورد 5: کمیّت پذیری پایین، وابستگی

مقابل بسیار، تک هدف

برای نشان دادن این ساختار به مثال

هوایماسازی در مورد 2 برمی گردیم.

فرض کنید رده بالای مدیریت برای

پروژه جدید بودجه ای معادل 30 میلیون

واحد برای سال بعد اختصاص داده

است و این مبلغ غیرقابل افزایش است.

این پروژه ها به سرمایه ای مانند آنچه

در جدول 2 آمده نیز دارند.

فرآیند رده بندی، به انتخاب پروژه هایی

منجر می شود که بالاترین امتیاز را

کسب می کنند؛ یعنی پروژه های 3 و 4 که

بودجه ای معادل 28 میلیون به خود

اختصاص می دهند. با افزودن امتیاز این

دو پروژه رم 7/7 به دست می آید.

بررسی داده ها سه ترکیب ممکن را از

اگر بیش از یک مانع اقتصادی وجود داشته باشد روشهای برنامه ریزی عدد صحیح به کار گرفته می شود. برای کامپیوترهای مرکزی و کامپیوترهای شخصی، نرم افزارهای استاندارد وجود دارد که البته دارای محدودیتهایی نیز هستند.

در این روش که با ترکیب امتیازها و برنامه ریزی عدد صحیح همراه است، تلاش می شود تا در حد ممکن از اطلاعات کمی و کیفی استفاده شود. این امتیازها نتیجه برآورد شخصی از عواملی بعضاً غیر عددی هستند و ممکن است تا حدودی دقت کامل نداشته باشند. ممکن است کاربرد این امتیازها در یک الگوی بهینه سازی که بر داده های قطعی مبتنی است، نتایج گمراه کننده ای به دنبال داشته باشد. به کارگیری مکرر این الگو در چندین ترکیب متفاوت از امتیازها، میزان اطمینان این نتایج را افزایش می دهد.

**مورد 6: کمیّت پذیری پایین، وابستگی متقابل بسیار، چند هدف**

راه حل مورد 5 در اینجا کاربرد دارد، زیرا چند هدفی بودن پروژه ها تلویحاً

سه پروژه نشان می دهد: - P2/P3/P5 - P1/P2/P3 از این میان ترکیب - P2/P3/P5 بالاترین امتیاز ممکن یعنی 9/9 را به دست آورد. مواردی از این نوع که در آنها پروژه ها تقسیم ناپذیر (چنین پروژه هایی متغیر صفر - یک خوانده می شوند، زیرا سرمایه گذاری کسری در آنها مجاز نیست)، تک هدف (در اینجا، به حداکثر رساندن امتیازهای کلی) و دارای یک مانع اقتصادی (در اینجا بودجه) هستند، تحت عنوان مسئله کناپساک (Knapsack Problem) شناخته شده اند. در مورد مسائل واقعاً موجود که بررسی تک تک راه حلها عملی نیست، راه حلهای ویژه ای موجود است.

**جدول 2- مثال شرکت هواپیماسازی : سرمایه های لازم**

پروژه	سرمایه لازم (میلیون)	امتیاز پروژه (به جدول 1 نگاه کنید)
P <sub>1</sub>	10	3/2
P <sub>2</sub>	8	3/1
P <sub>3</sub>	12	3/5
P <sub>4</sub>	16	4/2
P <sub>5</sub>	9	3/3

در امتیازها گنجانده شده است. با وجود اینکه این روش به مفهوم فنی روشی چند هدفی نیست، ولی احتمالاً بهترین رویکردی است که در صورت وجود ارزشهای عینی کیفی قابل استفاده است.

مورد 7: میزان کمیّت‌پذیری پایین، وابستگی متقابل بسیار، تک‌هدف، خطر کم این مورد با تأکید بر موانع اقتصادی به مورد 5 مربوط است که طراحی الگوهای برنامه ریزی عدد صحیح را مناسب تر می داند. در اینجا هدف کمیّت پذیر است؛ برای نمونه، به حداکثر ساندن کل ارزش خالص فعلی یا مقیاسهای مالی دیگر. پس در تجزیه و تحلیل حساسیّت می توان به جای در نظر گرفتن سرتاسر طیف روش امتیازدهی، بر روی مقولات مالی متمرکز شد.

مورد 8: کمیّت‌پذیری پایین، وابستگی متقابل بسیار، تک هدف، خطر زیاد

اگر از دیدگاه تصمیم گیرندگان میزان خطر یا موقعیت را نتوان با سناریوهای « اگر در صورت تعیین کرد، درختهای تصمیم گیری بار دیگر می توانند مفید

واقع شوند. درختهای تصمیم گیری استاندارد ارزش مورد انتظار تصمیم هایی را که نتایج غیرقطعی دارند به حداکثر می رسانند. روش اصلی با موضوع انتخاب پروژه هایی که در استفاده از منابع محدودی با یکدیگر رقابت دارند، تطبیق داده نشده است. برای رفع این نقیصه، تلاشهایی در جهت مرتبط ساختن درختهای تصمیمگیری با برنامه ریزی خطی و شبیه سازی صورت گرفته است.

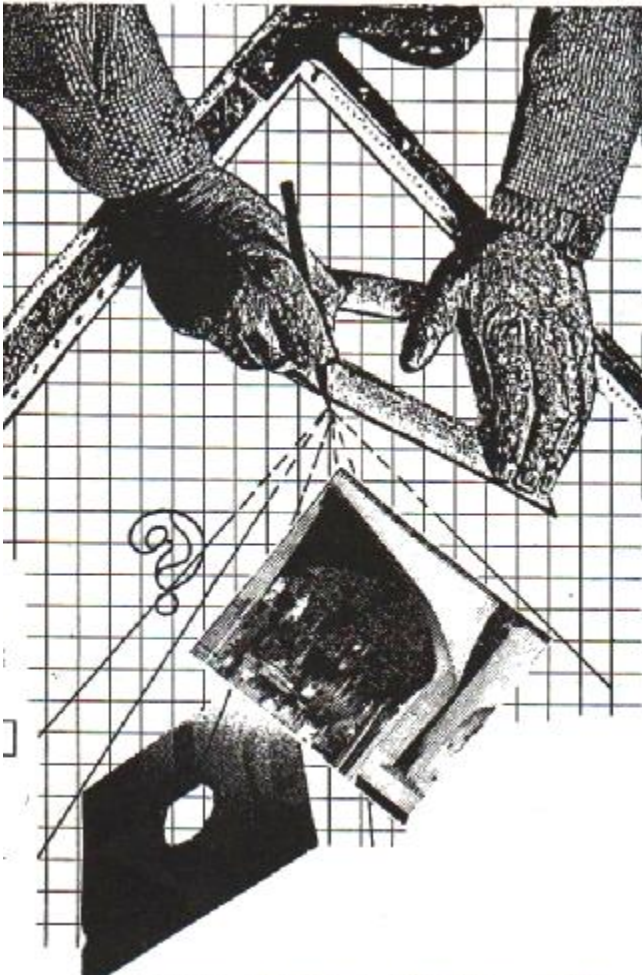
الگوی اصلی را لاکت و گیر (1973) طرح کرده اند و توماس (1985) به طور گسترده ای از آن استفاده کرده است. ساختار پویای این پروژه ها به وسیله گرههای تصمیم و تصادف و شاخه های قطعی و احتمالی درخت تصمیم گیری نشان داده می شود. تصمیم بهینه از طریق تعیین سرمایه پروژه ها با برنامه ریزی خطی در مورد هریک از ترکیبات موارد تصادفی (به دلایل محاسباتی، متغیرها به صفر یا یک محدود نیست) اتخاذ می شود. ظاهراً به محض اینکه تعداد گره های تصادفی و یا تعداد شاخه های مشتق از گره تصادفی زیاد می

شود، این روش به کار نمی رود. در چنین وضعیتی، برای برآورد تقریبی مجموعه های موارد تصادفی از شبیه سازی استفاده می شود. راه حل های بهینه برنامه ریزی خطی برای سناریوهای شبیه سازی شده در نظر گرفته شده اند تصمیم گیری براساس نتایج به دست آمده چندان آسان نیست. اگر، برای نمونه، پروژه ای عضو مجموعه ای باشد که حداکثر سرمایه آن 55 و 100 است، چه وضعیتی دارد؟ احتمالاً اگر پروژه مورد نظر به سناریوهای کمتری با احتمالات توأم نسبتاً بالا تبدیل شود، مفیدتر باشد (برای به دست آوردن چنین سناریوهایی ر.ک. به کلویور و مسکوویچ 1984). روش لاکت و گیر با به کارگیری تابع های عینی مختلف توسط موهلان و دیگران (1978) و با دخلات عوامل مؤثر خارجی مانند تورم و فعالیت اقتصادی در الگو، توسط گیر و کاروی (1980) توسعه یافته است.

توماس (1985) به موضوعی اشاره می کند که منحصر به روشهای درخت تصمیم گیری نیست. اگر ساختار درخت

تصمیم گیری از جزئیات کامل برخوردار باشد، پیچیده می شود و اگر آن را برای کاربرد آسان تر ساده کنیم، احتمال دارد که ساختار آن دیگر جزئیات لازم را نداشته باشد.

خطر و عدم قطعیت را نمی توان نادیده گرفت. در صورت شکست پروژه ای، اگر خطر را به مفهوم از دست دادن بهتریه راه حل مطرح کنیم، تصمیمی که



■ انتخاب پروژه های تحقیق و توسعه با مسائلی روبروست. شامل زیر مجموعه ای متشکل از پروژه های بالقوه ای که باید با در نظر گرفتن منابع موجود مانند نقدینگی نیروی انسانی و زمان کنترل محصول انتخاب شود.

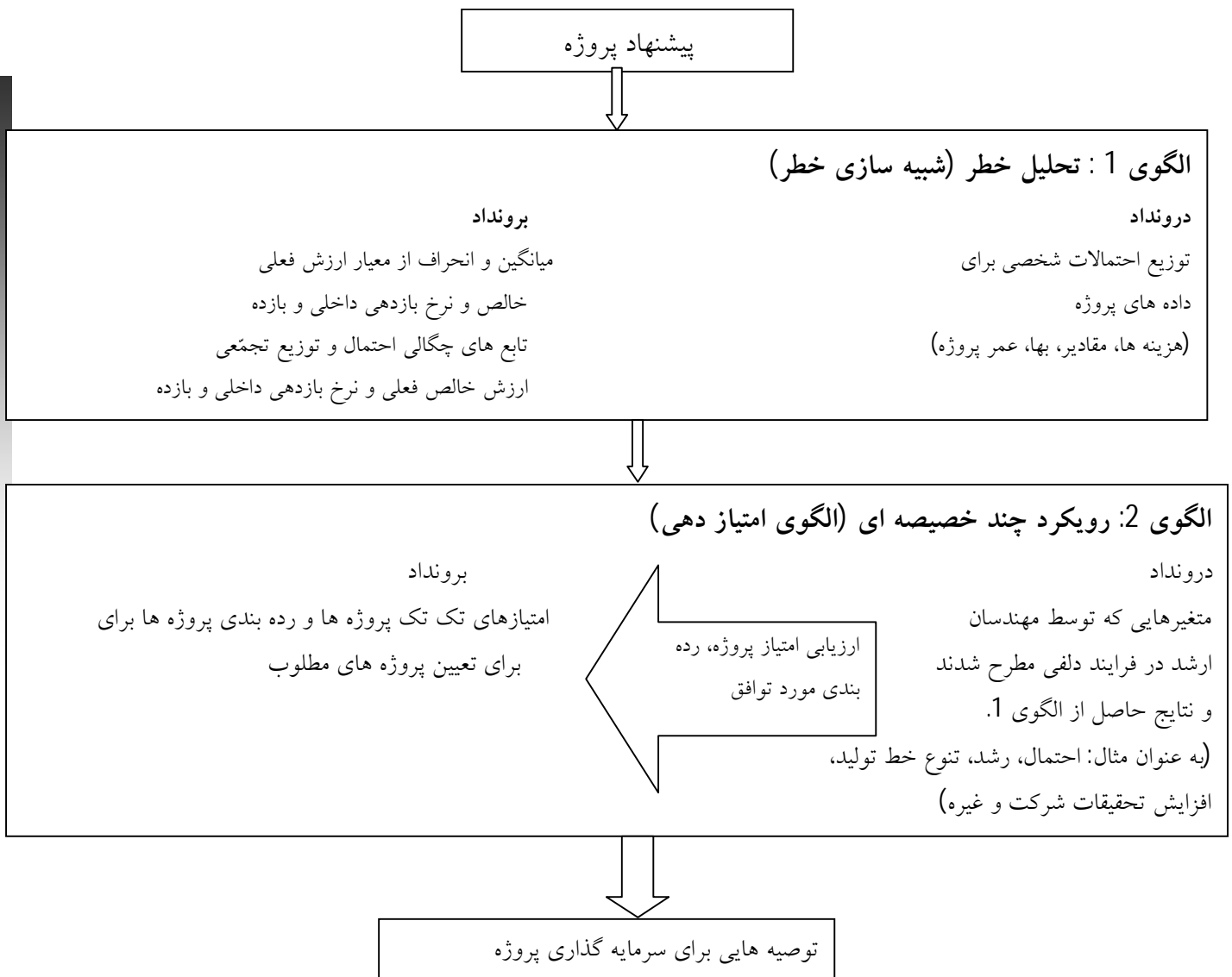
تحت شرایط خطر و عدم قطعیت اتخاذ می شود، مقبول تر است و واضح است که تصمیم گیرنده باید تعیین کند کدام خطر را می پذیرد.

مورد 9: کمیّت پذیری زیاد، وابستگی متقابل بسیار، چند هدف، خطر کم غالب الگوهای برنامه ریزی ریاضی که

تاکنون به کار رفته اند، روشهای تک هدفی بوده اند که به صراحت یک هدف منفرد را دنبال می کرده اند.

برخی از این روشها با تعیین محدودیتهایی، اهداف دیگری را نیز مدنظر قرار می دهند. این اهداف ثانویه باید در حیطه این محدودیتها باشند. از جنبه بهینه سازی، این ارزشها به جای ارزشهای تابع عینی، با محدودیت مطرح

نمودار 5. فرایند تحلیل تصمیم گیری (بنابر اثر توماس ، 1985)



می شوند. با وجود این، چنین روشی با توجه به اینکه تابع عینی بهینه فقط یک هدف را نشان می دهد، نمی توان به عنوان یک روش چند هدفی شناخته شود.

در موارد بسیاری از تصمیم گیری های مربوط به تحقیق و توسعه، اهداف چندگانه باید مستقیماً مورد بررسی قرار گیرند. روشهای امتیازدهی به این ضرورت پاسخ می دهند، اما در مورد عدم وابستگی میان پروژه ها کارایی ندارند. الگوهای برنامه ریزی ریاضی با اهداف چندگانه وجود دارد ولی این الگوها از روشهای تک هدفی بسیار پیچیده ترند.

اگر اصول الگوی امتیازدهی را در چهارچوب برنامه ریزی ریاضی نشان دهیم، به نظر می رسد که برنامه ریزی مطلوب به دست آمده است: برنامه ریزی مطلوب چندهدفی بودن رویه انتخاب در نظر گرفته می شود و انحراف از آرمان یا اهداف نهایی (سطوح موفقیت) را به حداقل می رساند. در روش انحصاری لازم نیست اهداف را مستقیماً با یکدیگر مقایسه کنیم. با توجه به ساختار

انحصاری اهداف، انحراف از آرمانها، به ترتیب به حداقل می رسند. رده بندی قطعی اهداف براساس اولویت، یکی از نقایص عمده برنامه ریزی آرمانی است زیرا ممکن است انحراف صفر هدفی با اولویت بالا انحرافات بیشتری در اهداف پایین تر به دنبال داشته باشد، حال آنکه بررسی همزمان بیش از هدف ممکن است نتیجه متعادل تری به دست دهد. مسئله دیگری در ارتباط با ظرفیت شیوه های برنامه ریزی آرمانی، عدد صحیح است که به راه حل های مختلفی نیاز دارد. برای حل مسائل برنامه ریزی آرمانی که در آنها اولویت انحصاری اهداف مدنظر قرار می گیرد، می توان از روند برنامه ریزی آرمانی خطی ترتیبی (SLGP) استفاده کرد. این روند، کاربرد مجموعه های برنامه ریزی خطی استاندارد را توصیه می کند (ایگنیتزیو و پرلیس، 1981) با این روش حتی مسائل برنامه ریزی آرمانی عدد صحیح صفر نتایج رضایت بخشی به دست می دهند. الگوهای گزینش پروژه تحقیق و توسعه که براساس برنامه ریزی آرمانی عملی می شود عبارتند از: روش کئون و

دیگران (1979) با یک الگوی صفر - یک، روش تایلور و دیگران (1982) با یک مسئله غیرخطی و روش بنجامین (1985). اگر به هنگام اعمال روش برنامه ریزی آرمانی از نقایص آن آگاه باشیم، می توانیم از آن به عنوان ابزار کارآمدی برای تصمیم گیریهای چندهدفی استفاده کنیم.

پیشنهاد می شود که به جای به حدال رساندن انحراف از آرمان، مطلوبیت سرمایه پروژه را به حداکثر برسانیم؛ زیرا در اینجا تابع عینی وضع تصمیم گیرنده را در مقابل خطر نشان می دهد. هر خصیصه تعریف شده، کیفیت یک پیشنهاد را از ابعاد متفاوت روند ارزیابی بررسی می کند. مطلوبیت کلی یک پیشنهاد با یک عدد نشان داده می شود. این روش بسیار پیچیده است و کاربرد آن تاکنون به حوزه انتخاب پروژه تحقیق محدود شده است.

گلابی و دیگران (1985 و 1981) مواردی از کاربرد تئوری مطلوبیت چند خصیصه ای را درباره انتخاب پروژه های تحقیقی در مورد انرژی خورشیدی گزارش و مجموع ای از 22 خصیصه

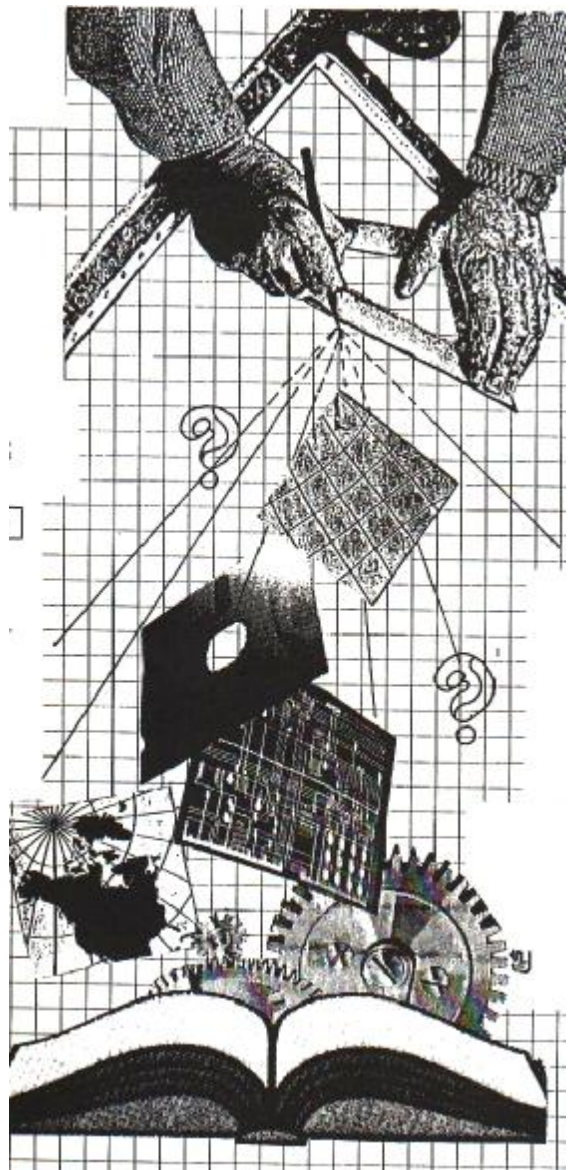
کامل، کاربردی و مفید را ارائه کرده اند. به کمک تابع مطلوبیت چند خصیصه ای، خصوصیات یک پروژه در شاخص ارزش فنی آن ترکیب می شوند. با به دست آوردن میانگین نتایج هر پروژه بر اساس تک تک خصیصه های آن که توسط پنج ارزیاب صورت می گیرد، می توان تابع مطلوبیت هر خصیصه را محاسبه کرد. تابع عینی ارزش فنی سرمایه طی مذاکرات جمعی و با در نظر گرفتن قواعد تئوری مطلوبیت هر خصیصه را محاسبه کرد. تابع عینی ارزش فنی سرمایه طی مذاکرات جمعی و با در نظر گرفتن قواعد تئوری مطلوبیت و ارزش قابل محاسبه برآورد می شود. برنامه ریزی خطی صفر - یک از طریق تغییر و تعیین متقابل محدودیتها حل می شود تا اینکه سرمایه ای با ارزش عینی رضایت بخش حاصل شود. این روش در چهارفرآیند مشابه گزینش تحقیق عمده به کار گرفته شده است که خود بر محدودیت امکان کاربرد آن صحنه می گذارد.

مهرز و سینوانی - استرن (1983) برای دوری گزیدن از برخی مسائل، دست ■



3/4 در مورد تصمیم‌گیری‌های پیچیده‌ای که روش بهینه‌سازی بکار نمی‌آید شبیه‌سازی مدت‌ها راه‌حل جذابی بوده است؛ با وجود اینکه کاربرد الگوی شبیه‌سازی محدودتر از الگوی بهینه‌سازی است.

■ آنچه مهمتر از یک روش انتخاب سازمان یافته است، روشی است که مفهوم سازمان را از طراحی راهبردی تا طراحی تحقیق و توسعه در برگیرد.



تصمیم‌گیرنده را در برآورد مطلوبیت مجموعه پروژه‌ها باز می‌گذارند. آنان تعداد پروژه‌های قابل اجرا را که با محدودیت منابع مواجه هستند به حداکثر می‌رسانند تا اولین مجموعه پروژه‌ها و برآورد مطلوبیت آن را به دست آورند. سپس، این راه‌حل را با معرفی محدودیتهای بیشتری به کنار می‌گذارند و مجموعه جدیدی از پروژه‌ها را با برآورد مطلوبیت متفاوتی معرفی می‌کنند. این رویه تا حد دلخواه آنها تکرار می‌شود.

کوک و سیفورد (1982) پروژه‌ها را در امتداد هر بُعد مرتبط رده‌بندی می‌کنند. اگر بیش از یک نفر در این رده‌بندی احساس رضایت کند، با تعیین رتبه پروژه توافق ایجاد می‌شود. سپس، برای تعیین سرمایه‌های تک بعدی بهینه در شرایط محدودیت بودجه، مسائل کناساک حل می‌شوند. همراهی پروژه‌هایی که به مجموعه‌های برگزیده تری متعلق هستند، به ارائه سرمایه‌های چند بُعدی منجر می‌شود.

از لحاظ نظری، با توجه به طیف وسیع ملاکهای کمی و کیفی در پروژه‌های

تحقیق و توسعه، روش تابع مطلوبیت چند خصیصه ای جذابیت بسیاری دارد. با وجود این، این روش شاید هیچگاه در واقعیت امر مقبولیت گسترده ای در محیط تحقیق و توسعه کسب نکند. معمولاً در توسعه تابعهای مطلوبیت عملی و افزودن مطلوبیت بر پروژه ها و خصیصه ها، مسائل مفهومی و دشواری درک آنها مانع از به کارگیری چنین الگوهای می شود.

اگر بتوان تابعی را طراحی کرد، این تابع عمدتاً غیرخطی خواهد بود. تأثیر منفی این پیچیدگی ریاضی دو وجهی است: الگویی که مدیر پروژه قادر به درک آن نیست بخت کمی برای به کارگیری دارد و باید راههای جدیدی برای حل مسائل بزرگی از این نوع جستجو شود و به نظر می رسد غالب کاربردهای بالقوه این روش در زمینه پژوهشهایی است که توسط دولت سرمایه گذاری می شوند زیرا در سرمایه گذاریهای دولتی صرف هزینه سنگین و زمان طولانی، اهمیت چندانی ندارد.

در مورد تصمیم گیریهای پیچیده ای که روشهای بهینه سازی به کار نمی آیند،

شبیه سازی مدتها راه حل جذابی بوده است؛ با وجود اینکه کاربرد الگوی شبیه سازی محدودتر از کاربرد الگوی بهینه سازی است.

آنچه مهمتر از یک روش انتخاب سازمان یافته است، روشی است که مفهوم سازمان را از طراحی راهبردی تا طراحی تحقیق و توسعه در بر گیرد.

مورد 10: کمیّت پذیری بالا، وابستگی

متقابل بسیار، چند هدف، خطر زیاد

این ترکیب وضعیتهایی را نشان می دهد که روشهای تحلیلی را نمی توان به راحتی در مورد آن اعمال کرد. همان طوری که در مورد 9 ذکر شد، درک و به کارگیری روشهای چند هدفی دشوار است و اگر بنا باشد خطر را نیز مستقیماً در نظر بگیریم، مشکلات دو چندان می شود. هرچند شیوه های برنامه ریزی ارمانی تصادفی توسعه یافته است، اما به نظر نمی رسد که هنوز بتوان آنها را عملاً به کار گرفت (زاتاکیس و گویتا 1985).

در مورد تصمیم گیریهای پیچیده ای که روشهای بهینه سازی به کار نمی آیند،

شبیه سازی مدتها راه حل جذابی بوده است؛ با وجود اینکه کاربرد الگوی شبیه سازی محدودتر از کاربرد الگوی بهینه سازی است. زیرا در این الگو، ارزیابی صرفاً قسمتی از راههای تصمیم گیری ممکن است. این الگو ابزار انعطاف پذیری برای برخورد با داده های غیرقطعی است و ممکن است برای مدیران مقبولیت بیشتری داشته باشد، زیرا ساختار نمودار آن با فرایندهای تصمیم گیری واقعی تناسب بیشتری دارد.

**مورد 11: کمیت پذیری بالا، وابستگی متقابل کم، چند هدف، خطر کم**

روشهای مورد 9 در اینجا نیز کاربرد دارند. حتی اگر پروژه ها وابستگی کمی به یکدیگر داشته باشند، مطمئناً محدودیتهایی وجود دارد که می توان آنها را، به عنوان مثال، در روش برنامه ریزی آرمانی نشان داد. الگوهای امتیازدهی ابزار کارآمدی هستند زیرا درک و کاربرد آنها به مراتب آسان تر است. هم الگوی برنامه ریزی آرمانی و هم الگوی امتیازدهی بستگی به اهمیت

ملاکهای شخصی دارند و از این دیدگاه یکسان هستند.

**مورد 12: کمیت پذیری بالا، وابستگی متقابل کم، چند هدف، خطر زیاد**

مسائل این مورد شبیه به مسائل مورد 10 هستند. در نبود تعامل قابل توجهی میان پروژه ها، شاید فرایند ارزیابی چند مرحله ای که در بررسی مورد توماس (1985) توصیف شده است - مناسبتر باشد.

توماس (1985) از کاربرد الگوی امتیازدهی در یک شرکت دستگاههای الکترونیکی گزارش می دهد. چهار متخصص برای پروژه های توسعه توزیع احتمالات مربوط به هزینه توسعه طول عمر پروژه، بها، فروش، هزینه تولید و فروش را ارائه می کنند تا با استفاده از الگوی شبیه سازی، ارزشهای مورد انتظار و انحراف از معیارها را برآورد کنند (نمودار 5).

بنابر نظر این نویسنده هدف روش شبیه سازی تصمیم گیرندگان را از وجود خطر آگاه می کند و در واقع ابزاری برای پیش بینی بهتر داده های مالی

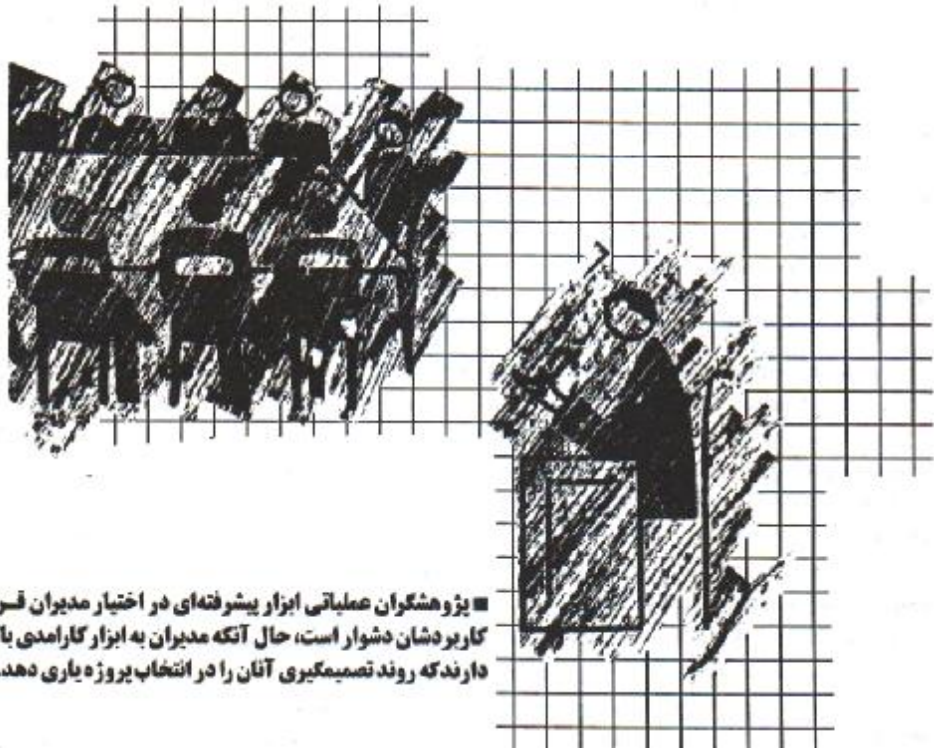
است. در روش ارزیابی چند بعدی که متعاقباً به کار گرفته می شود، مهندسان ارشد پروژه ها را با تعیین ده متغیر پولی و غیرپولی ارزیابی می کنند. این متغیرها که ضریبهای مختلفی دارند، قدرت اقتصادی، امکانات بازار، پیشرفت یا افزایش ظرفیتهای فنی پروژه های پیشنهادی را نشان می دهند (از الگوی چرچمن - آکوف - که یک ماتریس چند بعدی است: (چرچمن، 1971) برای جمع بستن امتیازهای هر پروژه استفاده می شود. این پروژه ها براساس امتیاز کلی آنها رده بندی می شوند. از آنجا که برآورد امتیازها توسط هریک از تصمیم گیرندگان به تنهایی انجام می شود ممکن است توافق میان آنها کم باشد، به همین جهت با جمع کردن رتبه هایی که هر پروژه کسب کرده است، رتبه متوسط پروژه ها تعیین می شود. این روش سنجش فقدان توافق را به حداقل می رساند و جدول رده بندی مقبول تری ارائه می کند. این الگو را می توان برای ویژگی های خاص یک شرکت به کار گرفت. با وجود این، اطلاعات درونداد برای کسب ارزشهای مورد انتظار نرخ

بازده داخلی (IRR) و ارزش خالص فعلی (NPV) بالا است. در نتیجه، نویسندگان پیشنهاد می کند که یک تحلیل حساسیت اولیه برای ارزش خالص فعلی براساس الگوی قطعی صورت گیرد تا پروژه هایی با خطر زیاد یا پروژه هایی که توان اقتصادی کمی دارند، مشخص شوند. در چنین موقعیتی است که می توان تحلیل خطر را صرفاً بر روی پروژه های آتیه دار انجام داد.

### خلاصه و نتیجه

دوازده موردی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفتند، نمونه های عمومی حاصل از ترکیب عوامل تصمیم گیری هستند که ممکن است تصمیم گیرنده پروژه تحقیق و توسعه با آنها مواجه شود. همان گونه که پیش تر اشاره شد، هدف از طرح آنها، ارائه رهنمودهایی به تصمیم گیرندگان است که با مسئولان اصلی تعیین الگو به مذاکره می پردازند. چهارچوب این الگو را در چه جهاتی می توان توسعه داد؟

تحقیق، در وهله اول بیشتر به ساختار خود الگوها می پردازد. بررسی موازنه



■ پژوهشگران عملیاتی ابزار پیشرفته‌ای در اختیار مدیران قرار می‌دهند که کاربردشان دشوار است، حال آنکه مدیران به ابزار کارآمدی با کاربرد آسان نیاز دارند که روند تصمیمگیری آنان را در انتخاب پروژه یاری دهد.

میان یک الگوی انعطاف پذیر ببا یک الگوی تخصصی بسیار مهم است. ساختار الگوی انعطاف پذیر کاربرد آن را در طیف وسیعی ممکن می‌سازد، اما این الگو از جزئیات ضروری برای موقعیتهایی که نیاز به اتخاذ تصمیم خاصی وجود دارد، بی بهره است. از سوی دیگر، الگوی تخصصی که صرفاً در یک مورد به کار می‌آید، دارای ارزشی نیست که بخواهیم هزینه‌ی توسعه آن را متقبل شویم. ایجاد مصالحه‌ای میان این دو وضعیت ضروری به نظر می‌رسد.

نکته دوم، به بافت سازمانی که یک الگو در آن به کار می‌رود، مربوط می‌شود. بسیاری از الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی همانند الگوی تصمیم‌گیری متمرکز عمل می‌کنند، در این الگوها سطوح پایین‌تر سلسله مراتب بدون اینکه تأثیری بر روند تصمیم‌گیری داشته باشند، صرفاً به گردآوری داده‌ها می‌پردازند. الگوهای وینکوفسکی و دیگران (1981) و منداکویچ و سودر (1985) درصدد تصحیح این بی‌توجهی به بافت سازمانی است. در نمونه وینکوفسکی سه سطح (کارفرما، عضو و کارگر) مد نظر قرار

گرفته اند. هر واحد تصمیم گیری در سطح کارگر مسائل برنامه ریزی آرمانی خود را با تعیین اولویت و آستانه راه حل مطلوب، حل می کند. پروژه هایی که توسط این سطح انتخاب می شوند، وارد الگوهای برنامه ریزی آرمانی سطح اعضای سازمان می شود و این روند برای طرح کارفرما نیز تکرار می شود. اگر انحراف از آرمان یک الگو که توسط سطح پایین انتخاب شده مورد رضایت سطح بالا یا متوسط نباشد، برگشت دادن آن به سطح پایین توصیه می شود. در این گونه موارد، به دو طریق می توان به توافق رسید (وینکوفسکی و دیگران 1981):

- از سطح پایین خواسته شود تا آستانه پذیرشش را به نحو مطلوبی تغییر دهد.

- واحدهای سطح پایین (کارگر) متعهد شوند که محدودیتهای «شدیدی» را به الگوهایشان بیفزایند تا نتایج لازم حاصل شود. این روند تا کسب رضایت تمام سطوح تکرار می شود.

این روش دارای دو مشکل است: حد مطلوب نسبی در مقابل حد مطلوب نسبی الزاماً بهترین نتیجه ممکن برای کل واحد

نیست. با وجود این، اگر بتوان پروژه ها را در سطوح بالا به رغم خواسته سطح پایین انتخاب کرد، نتیجه آن با نتیجه حاصل از الگوی متمرکز متفاوت نخواهد بود. همچنین، اگر روش «کنترل» بازگشت به سطح پایین عملی نشود، معلوم نیست چه وضعیتی پیش می آید.

منداکوویچ و سودر (1985) روش تفکیک را به عنوان راه دیگری در مقابل روش ترکیبی وینکوفسکی معرفی می کنند (برای بررسی الگوهای ترکیبی و تفکیکی ر.ک. به سوئینی و دیگران 1987). مسئله انتخاب بهترین پروژه در سطح پایین به گونه ای حل می شود که گویی اساساً این مسئله به سرمایه مربوط بوده است.

از میان پروژه هایی که سطح پایین آنها را انتخاب می کند، کارفرما بهترین پروژه را انتخاب می کند. واحدهای سطح پایین، سرمایه جدیدی را که محدود به منابع خارج از رده است، حل می کنند. این رویه تا بدانجا ادامه می یابد که تمام پروژه های عملی مورد بررسی قرار گیرند. از آنجا که این روند عملی متقابل است و ممکن است تعداد زیادی متغیر صفر - یک را شامل شود، نویسندگان

مقاله روش آزمون و خطای توپودا (1975) را به عنوان راه حلی مؤثر پیشنهاد می کنند.

این دو الگو شاید در روند انتخاب پروژه تحقیق و توسعه و تصمیم گیری، به ساختار جریان اطلاعات و تعیین وظایف کمک کنند. با این همه آنچه مهمتر از یک روش انتخاب سازمان یافته است، روشی است که مفهوم سازمان را از طراحی راهبردی تا طراحی تحقیق و توسعه دربرگیرد؛ مانند الوی کاستلو (1983).

اگر چنین روشی انتخاب شود، ضرورت راه حل سلسله مراتبی که بر جنبه های سازمانی تأکید می کند، کمتر می شود. پژوهش بر روی این موضوع مهم، جذابیت الگوی طراحی را در هر شرکتی افزایش دهد، زیرا واقعیت روند تصمیم گیری در چنین روشی شناسایی شده و به طور کامل نشان داده می شود.

سرانجام، این چهارچوب را می توان تقویت و اصلاح کرد. موضوعاتی را که در قسمت اول مقاله مطرح شدند، می توان در مجموعه ای از حقایق و قواعد جمع آوری کرد و با ساختار نمودار 3 به عنوان سیستم تولید شناخته می شود.

شاید شرکتی بزرگتر که در شرایطی متفاوت انتخاب های بیشتری می کند توسعه چهارچوب نمودار 3 را به یک سیستم تخصصی همه جانبه سودمند بداند. باید پایه علم ویژه ای را توسعه داد که با استفاده از مجموعه قواعد درونی و نیز اطلاعات به کار گیرنده آن، سیستم را در تعیین نتایج موضوعات 1 تا 5 یاری دهد. می توان بر اساس دانش تخصصی موجود، ارتباطات بیشتری میان این موضوعات ایجاد کرد. استدلالهای غیردقیق نشانگر ماهیت ذهنی بسیاری از اطلاعات مربوط خواهد بود.

در این مقاله، تلاش بر این بود تا بین پژوهشگران عملیاتی و مدیران پلی ایجاد شود. علاقه عمده پژوهشگران عملیاتی فرمول سازی های ظریف و ارائه راه حل های مؤثری است که کاربرد محدودی دارند حال آنکه مدیران، تحت فشار دنیای صنعتی دستخوش دگرگونی جوامع کنونی، در پی یافتن ابزاری برای ادامه حیات هستند. همان طور که لیلیان (1987) اشاره کرد: «مدیران سادگی، اطمینان، سرعت و عینیت می خواهند».

حال آنکه افراد دخیل در علم مدیریت و پژوهش عملیاتی به ارائه پیچیدگی، احتمالات، زمان و ذهنیت دست می زنند.»

توسعه کیفیت تصمیم های انتخاب پروژه مستلزم تلاش هر دو طرف است. مدیران تحقیق و توسعه باید پذیرای ابزار جدیدی که در دسترسشان قرار می گیرد باشند. لیبراتور و تیتوس مطالعه خود را با تأکید بر فقدان آگاهی مدیران از وجود روشهای جدید و کم هزینه به پایان می برند. مدیران تحقیق و توسعه محیط خاص شرکت خود را منحصر به فرد می دانند و معتقدند که الگوهای عمومی (پژوهش عملیاتی و علم مدیریت) در مورد آن قابل اجرا نیست. با وجود این، لیبراتور و تیتوس امیدوارند که نسل جدید مدیران ارزش روشهای کمی را بشناسند و کاربرد وسیع تر آنها را افزایش دهند.

از سوی دیگر، متخصصان پژوهش عملیاتی باید ویژگیهای زیر را در الگوهای خود بگنجانند:

- این الگوها، اگر نه به صورت کامل، باید لااقل در کلی ترین وجوه برای مدیران قابل درک باشند.

- با سازمان یک شرکت هماهنگی داشته باشند.

- از منابع مختلف سازمان اطلاعات گردآوری کنند.

- به سؤالات « اگر - در صورت » مدیران پاسخ سریع و صریح بدهند می توان بسیار از ویژگیهای مذکور را در سیستم های حمایت از تصمیم (DSS) انسجام بخشید. نمی توان انکار کرد که پژوهش درباره سیستم های موقعیتی ویژه طراحی شوند. موارد زیر، عناصر متعلق به سیستم های حمایت از تصمیم از این نوع را نشان می دهد:

- سیستم های تخصصی یا شیوه های ساده تری مانند فهرستهای بازبینی (چک لیست) به روند انتخاب پروژه کمک می کنند.

- وجود یک مجموعه داده ها شامل اطلاعات مربوط به پروژه های در حال اجرا، برآورد پروژه های پیشنهادی، داده های منابع موجود و اطلاعات مربوط به بازار در روند انتخاب پروژه مهم هستند.



## منابع

- Aaker, D.A. & Tyebjee, T. (1978) A model for the selection of interdependent R&D projects', IEEE Transactions on Engineering Vol. EM-25, 30-36.
- Baker, N. & Freeland, (1975) Recent advances in R&D benefit measurement and Project selection methods', Management Science, Vol. 21, 1164-1175
- Baker, N.R. & Pound, W.H. (1964) Rand D project selection: Where we stand', IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. EM-11, 123-134.
- Bedell, R.J. (1983) Terminating R&D Projects prematurely', Research Management, Vol. 26, No. 4, 32-35
- Benjamin, C.O. (1985) A Linear goal-programming model for public-sector project selection', Journal of the Operational Research Society Vol. 36, 13-23.
- Brockhoff, K. (1984) Forschung und Entwicklung', Vahlens Kompendium der Betriebswirtschaftslehre, Band 1, Franz Vahlen Munchen, 159-186.
- Cetron, M.J., Martino, J. & Roepcke, L. (1976) The selection of R&D Program content- Survey of quantitative methods', IEEE Transactions on Engineering management, Vol. EM-14, 4-13.
- Churchman, C.W. (1971) the design of inquiring systems', New York: Basic Books.
- Cook, W.D. & Seiford L.M. (1982) R&D project selection in a multidimensional environment: A Practical approach', Journal of the Operational Research Society, Vol. 33, 397-405
- Castello, D. (1983) A Practical approach to R&D project selection',

به طور قطع، حفظ اطلاعات «نرم»، یعنی اطلاعات غیرکمی، غیر قطعی یا ناقص به صورت مطلوبی ممکن نیست. نرم افزار مجموعه داده های مناسب اخیراً در حال توسعه و گسترش است (یانگ، 1987). اما، نمی توان بر امکانات و عملی بودن چنین ابزاری چندان تکیه کرد.

- وجود الگوی مبنایی که بتواند تمام روشهای مطرح شده مانند شبیه سازی، بهینه سازی خطی و عدد صحیح و درخت تصمیم گیری را به کار گیرد. ابزارهای مورد استفاده باید نرم افزار باشند و محیط دوستانه ای برای به کارگیرنده ایجاد کنند. افرادی با تخصص لازم در به کارگیری الگو، باید مدیریت را در طراحی سیستم مخصوص شرکت یاری دهند.

اکنون به عهده مدیران و متخصصان پژوهش عملیاتی است که چهارچوب مناسبی برای حل مسائل در یک گروه فراهم آورند.

- Ignizio, J.P. & Perlis, J.H. (1981) Sequential Linear Goal Programming: Implementation via MPSX, Computers & Operations Research, Vol. 6, 141-145.
- Jackson, B. (1983a) Decision methods for evaluating R&D projects', Research Management, Vol. 26, No. 5, 21-26
- Keown, A.J., Taylor, B.W. & Duncan, C.P. (1978) Goal programming approach', Omega, Vol. 7, 345-351.
- Liberatore, M.J. (1987) An extension of the Analytic Hierarchy process for industrial R&D project selection and resource allocation', IEEE Transactions of Engineering Management, Vol. EM-34, 12-18.
- Liberatore, M.J. & Titus, G.J. (1983) The practice of Management Science in R&D project management', Management Science, Vol. 29, 962-974.
- Lilien, G.L. (1987) MS/OR: Amid-life crisis', Interfaces, Vol. 17, No. 2 (March-April), 35-38.
- Lockett, A.G. & Gear, A.E. (1973) Representation and analysis of multistage problems in R&D', Management Science, Vol. 19, 947-960.
- Lockett, A.G. et al (1986) Modelling a research portfolio using AHP: a group decision Process', R&D Management, Vol. 16, 151-160.
- Mandakovic, T. & Souder, W.E. (1985) An interactive decomposable heuristic for project', Management Science, Vol. 31, 1257-1271.
- Markland, R.E. & Vickery, S.K. (1986) The efficient computer implementation of a large-goal programming model', European Journal of Operational Research, Vol. 26, 341-354.
- Technological Forecasting and Social Change, Vol. 23, 353-368.
- Dean, B.V. & Nishry, M.J. (1965) Scoring and profitability models for evaluating and selecting engineering projects, Operations Research, Vol. 13, 550-569
- Dreyer, A. (1974) Scoring – Modelle bei Mehrfachzielsetzungen', Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Vol. 44, 257-274.
- De Kluyver, C.A. & Moskowitz, H. (1984) Assessing scenario Probabilities via interactive Goal Programming, Management Science, Vol. 30, 273-278.
- Fahrni, p., Waibel, R. (1987) Untersuchung über die Anwendung von Planungsverfahren im F&E-Bereich in der Schweizer Industrie, Working paper, University of Bern, Dept of Operations Research and planning.
- Fahrni, P. (1988) Uebersicht über F&E-Auswahl- und planungsmodelle, Working paper, University of Bern, Dept of Operations Research and Planning.
- Gear, T.E. & Cowie, G.C. (1980) A note on modeling project interdependence in Research and Development, Decision Sciences, Vol. 11, 738-748.
- Golabi, K et al. (1981) Selecting a portfolio of solar energy projects using multiattribute preference theory, management Science, Vol. 27, 174-189.
- Golabi, K (1985) Selecting a portfolio of nonhomogenous R&D Proposals, European Journal of Operational Research, Vol. 21, 347-357.
- Hertz, D. (1964) Risk analysis in capital investment, Harvard Business Review, Vol. 42, 95-102.

Thomas, H. (1985) Decision analysis and strategic management of research and development: a comparison between applications in electronics and ethical pharmaceuticals', R&D Management, Vol. 15, 3-22.

Toyoda, Y.(1975) A simplified algorithm for obtaining approximate solutions to zero- one programming problems', Management Science, Vol. 21, 1417-1427.

Twiss, B.(1986) Managing technological innovation', London: Longman.

Watts, K.M. & Higgins, J.C. (1987) The use of advanced management techniques in R&D', Omega, Vol. 15, 21-29.

Winkofsky, E. P.Baker, N.R. & Sweeney, D.J.(1981) A decision process model of R&D resource allocation in hierarchical organizations', Management Science, Vol. 27, 268-283.

Young, L.F. (1987) A systems architecture for supporting senior managers' messy tasks', Information and Management, Vol. 13, 85-94.

Zanakis, S.H. (1985) Heuristic for integer Goal programming problems', unpublished working paper, Florida International University.

Zanakis, S.H. & Gupta, S.K. (1985) A categorized bibliographic survey of Goal programming', Omega, Vol.13, 211-223.

#### مأخذ

R&D Management Volume 20, Number 2, April 1990.

Mehrez, A. & Sinuany-Stern, Z (1983) An interactive approach for project selection', Journal of the Operational Research Society Vol. 34, 621-626.

Mottley, C.M. & Newton, R.D (1959) The selection of projects for industrial research', Operations Research, Vol. 7, 740-751.

Muhlemann, A.P., Lockett, A.G. & Gear, A.E. (1978) Portfolio modeling in multiple-criteria situations under uncertainty', Decision Sciences, Vol.9, 612-626.

Popp, W. (1988) Zur planung von F&E-projekten', Die Betriebswirtschaft, 48,6.

Saaty, T. (1980) The Analytic Hierarchy process', New York: McGraw- Hill.

Souder, W.E. (1972) A scoring methodology for assessing the suitability of Management Science models', Management Science models', Vol. 18, B526-B543.

Souder, W.E. (1978) A system for using R&D project evaluation methods', Research Management. Vol.21, No.5, 29-37.

Souder, W.E. & Mandakovic, T. (1986) R&D project selection models', Research management, Vol. 29, No. 4, 36-42.

Sweeney, D.J., Winkofsky, E.P., Roy, p. & Baker, N.R. (1978) Composition vs. decomposition: Two approaches to modeling organizational decision processes', Management Science, Vol.24, 1491-1499.

Taylor, B.W., Moore, L.J & Clayton, E.R. (1982) R&D project selection and manpower allocation with integer nonlinear Goal programming', Management Science, Vol. 28, 1149-1158.