

## چارچوب یکپارچه مبتنی بر طراحی برای انتخاب منبع در تولید افزایشی

### چکیده

انتخاب منابع (RS) یکی از نخستین مراحل طراحی محصول است که اثر بسزایی بر روی تولید محصول دارد. انتخاب مواد و رایند تولید یک مولفه مهم از RS بوده و بایستی در مراحل اولیه طراحی در نظر گرفته شود. چون فناوری های نوظهور نظیر تولید افزایشی پتانسیل های تولید را با جهت دهی محرک ای بازاری نظیر نیاز های با پیچیدگی بالا، فردیت سازی، چرخه تولید محصول کوتاه تر، مواد فراوان و فرایند ای تولید و جریان های متنوع تولید باز تعریف کرده اند، انتخاب مواد، فرایند های تولید و دستگاه های مربوطه در مراحل اولیه طراحی با در نظر گرفتن طراحی برای دستور عمل های افزایشی تولید مهم است. از آن جا که چندین میار، ویژگی مواد و ملزومات عملکرد فرایند برای تصمیم گیری در صنایع امروز در نظر گرفته می شود، یک چارچوب یکپارچه مبتنی بر طراحی در این مقاله برای RS در AM برای سازمان دهی دانش طراحی مربوط به فرایند طراحی در نظر گرفته شده است: طراحی مفهومی، تجسمی و جزیی. با این حال، تمرکز بیشتر بر روی مراحل طراحی مفهومی و طراحی مجدد حفظ خواهد شد. علاوه بر این، فرضیات برای کمک به تصمیم گیری و کمک به استخراج قوانین مربوط به هر یک از معیارهای طراحی تعریف شده است. این چارچوب به عنوان یک راهنما برای طراحان صنعت AM در نظر گرفته شده است تا ترکیبات متنی و ماشینی را طراحی و طراحی نماید

**کلمات کلیدی:** تولید افزایشی، تصمیم گیری، طراحی فرایند تولید یکپارچه

### 1-مقدمه

#### 1-1 انگیزه و هدف

طراحی محصول نه تنها مستلزم رفع نیاز های مربوط به عملکرد و کار کرد قطعات است بلکه نیازمند تحقق و رفع محدودیت های مرتبط با فرایند تولید است. از آنجاییکه تولید بیشتر در مورد ساخت محصولات صرفا فیزیکی نیست، رانندگان بازار مانند اقتصاد تولید، سفارشی سازی انبوه، زمانهای کوتاهتر، مدل های تجاری بهبود یافته، تغییرات در

تقاضاهای مصرف کننده، ماهیت محصولات و زمینهای کاربردی (فضایی، خودرویی، بهداشتی مراقبت، و غیره)، به ذینفعان هدایت شده اند تا تصمیمات مهم در مراحل اولیه طراحی، و پس از آن کاهش هزینه های مونتاژ و تدارکات [1] را کاهش دهد.

تولید افزودنی (AM) در طول سالها، توانایی ساخت هر چیزی را نشان داده است. AM توسط انجمن آمریکایی تست مواد (ASTM) به عنوان "فرآیند پیوستن به مواد برای ایجاد اشیاء از داده های مدل D3 معمولا لایه بر لایه، به عنوان مخالف تکنولوژی تولید خرده مقیاس مانند ماشینکاری سنتی" [2] تعریف شده است. علاوه بر این، مونزون و همکاران [3] تقسیم AM به 7 مناطق مجزا؛ فتوپلیمریزاسیون وات، جت مواد، پودر کوره، جوشاندن اتصال دهنده، اکستروژن ماده، ورقه ورقه ورقه، و رسوب انرژی کارگردانی. برای هر یک از این 7 ناحیه، فرآیندهای مرتبط با AM بسیار (، مدل سازی رسوبدهی، انتخاب پاشش لیزر و غیره) است. بنابراین، محدودیت های مربوط به روش های مدل سازی سه بعدی برای هر فرایند، دیجیتالیزاسیون ایده ها، تقسیم بندی قطعات تولید شده، انتخاب تعادل مناسب مواد، فرایندهای تولید و ماشین آلات AM، محدودیت در انتخاب مواد، چرخه طراحی بیشتر نسبت به تولید چرخه، پردازش پس از آن و مسائل مربوط به پایان سطح، و غیره، از عوامل بسیاری هستند که طراحان کار در صنعت AM باید امروز تمرکز کنند [5,6].

طراحان AM با استفاده از محدودیت های مختلف، الزامات عملکردی و طراحی هایی که مربوط به عملکرد محصول می شوند، متقاعد شده اند که از دستورالعمل DFEM برای توسعه یک رویکرد یکپارچه در مرحله طراحی استفاده کنند که نه تنها می تواند طراحی و ساخت را پیوند دهد به عنوان یکپارچه طراحی فرآیند محصول (IPPD) از زمان حاضر] اما همچنین برای بسیاری از محدودیت های تولید و عوامل مرتبط با ماشینکاری سنتی، نظیر اجتناب از اتصالات جداگانه، طراحی مدولار، استفاده از اجزای استاندارد و به حداقل رساندن مسیرهای مونتاژ، برای به دست آوردن قطعات از هر گونه پیچیدگی هندسی بدون کمکهای ماشینکاری سنتی مانند ابزار [7، 8، 9]. همچنین لازم است که در اینجا به این نکته توجه کنیم که به دلیل طراحی بالغ از سطح مقدماتی تا تولید کامل، آزادی تغییر طرح بسیار کاهش می یابد. این به این معنی است که DFAM در فازهای اولیه طراحی به طور فزاینده ای قابل توجه

است، زیرا می تواند در اجتناب از اشتباهات تولید و به حداکثر رساندن استفاده از قابلیت های AM کمک کند [10,11].

DfAM در تحقیقات مربوط به بهینه سازی مسیر ابزار، جهت گیری بخشی، طراحی وزن سبک و دقت ابعادی [12] مورد استفاده قرار گرفته است. یزدی و همکاران [13] استفاده از مدل اسکلت پوستی برای ادغام طراحی و تولید از طریق DfAM برای بهینه سازی توپولوژیک، سالونیت و زربان [14] از تجزیه و تحلیل تصمیم گیری چند معیاره برای پیدا کردن یک طرح نهایی از مجموعه ای از طرح های بهینه شده از طریق DfAM نیز استفاده کردند. از این رو، کارهای قابل توجهی در ادبیات در مورد بهینه سازی محصولات و نویسندگان مطرح می شود که به دنبال هر یک از استراتژی طراحی عملکردی یا استراتژی طراحی مبتنی بر تولید [15] است که در آن تاکید بیشتر بر اصلاح طراحی برای ساخت (DFM) برای AM DfAM با استفاده از ترکیبی از معیارهای طراحی (هزینه، محیط، و غیره). اما چنین دستورالعمل فقط یک نقطه شروع را فراهم می کند و اطلاعات مربوط به ماشین های AM و توانایی های تولید آنها را ارائه نمی دهد [16].

انتخاب منابع (RS) یک مرحله مهم از DFM است. همانطور که AM خود ترکیب متفاوتی از فرآیندها دارد، پیشنهاد ترکیبی صحیح از مواد، فرایندهای تولید و ماشینهای مرتبط با آن، می شود تلاش بین رشته ای با توجه به توانایی AM در هر دو جهت به منظور توسعه همزمان (یعنی IPPD) و حوزه های متعدد برنامه های کاربردی. اگر چه AM دارای پتانسیل نامحدود است، اما قابلیت تضمین نامحدود را تضمین نمی کند. منابع AM انتخاب باید با در نظر گرفتن عوامل مانند مهندسی طراحی، تولید، بازاریابی، زیبایی، قابلیت اطمینان و کیفیت [17] نیازهای مربوط به چرخه زندگی محصول را برآورده سازند.

به عنوان یک تمرین معمول، RS بر اساس تجربه یا دانش کارکنان طراحی / تولید انجام می شود. از آن جایی که دانستن همه چیز توسط یک فرد یا یک تیم دشوار است، یک سیستم انتخاب جامع و قوی برای کاربران برای انتخاب ترکیبی از پردازشگر مواد AM مورد استفاده قرار می گیرد [18] ضروری است. برای مورد تولید سنتی یا متعارف،

روش های تصمیم گیری چند منظوره تصمیم گیری (MCDM) برای RS پیشنهاد شده است، مانند انتخاب مهندسی کمبریج (بر اساس نمودار انتخاب انتخاب مواد و روش 19 (Ashby)، استدلال مبتنی بر مورد ( CBR) [20]، برنامه های انتخاب مواد [21]، سیستم های مبتنی بر دانش [22] (KBS) و غیره. با این حال، برای مورد AM، فرآیندهای مختلف نه تنها نشانگر همپوشانی قابل توجهی از نظر برنامه های کاربردی، بلکه قابل توجه تفاوت در شرایط مواد مناسب و کیفیت قطعات چاپی وجود دارد

[18]. بنابراین، داشتن یک فناوری نسبتاً جدید، اکثر کاربران دانش و تجربه کافی برای خلق کردن ندارند

قضاوت برای RS در AM از فرایند سلسله مراتبی تحلیلی (AHP) برای انتخاب فرایندهای AM بر اساس الزامات تولید شده از یک بخش استفاده کرد. به همین ترتیب، آرمیلوتا 24 یک فرآیند AM مناسب را از مجموعه ای از گزینه ها برای نمونه های اولیه با استفاده از یک مدل تصحیح AHP انتخاب کرد. ویژگی های مورد نظر شامل ساخت سریع، دقت خوب و کاهش هزینه مواد است. این همچنین فرصتی برای استفاده از AHP در RS برای AM باز می کند؛ زیرا این روش به طور گسترده و با موفقیت از روش MCDM استفاده می کند [25]. از ادبیات نشان داده شده است که AHP به طور گسترده ای در نه تنها در مقیاس کوچک و بزرگ، بلکه در مناطقی که دارای معیارهای متعدد هستند مورد استفاده قرار می گیرد. علاوه بر این، آن را برای مناطق مانند بخش تولید مناسب است، زیرا بر خواسته های ذاتی انسان برای انجام مقایسه با توجه به ویژگی های ذهنی و عینی بستگی دارد [26]. این انتخاب برای انتخاب مواد در چرخ دنده ها [27]، انتخاب بهترین مواد برای طراحی سازه های فلزی سبک وزن هواپیما [28]، انتخاب فرآیندهای ماشینکاری غیر متعارف در مرحله طراحی مفهومی برای بدنه اندوپروتزی مفصل مفصل مفصل گردید [29]، و در انتخاب مواد و فرآیند برای یک شبکه حفاری در صنعت هوافضا [25].

پس از بحث در مورد راه های IPPD و RS برای AM، اکنون ضروری است که برخی از نکات در مورد چرخه طراحی را بیاموزیم. فعالیت طراحی را می توان به 3 مرحله اصلی تقسیم کرد. طرح های مفهومی، تجسم و جزئیات. برای هر یک از مراحل، اتصال بین مواد، اندازه جزء و فرآیندها، هزینه تعامل بین فرایندها و شاخص های پایداری مواد، باید مورد توجه قرار گیرد [30]. بنابراین، استراتژی هایی مانند رویکرد سیستم مبتنی بر قاعده [31] به طور گسترده ای

برای کمک به کسب دانش، انتخاب معیارهای انتخاب، ایجاد تعریف سلسله مراتبی از دانش، انتخاب یک رابط کاربر و در نهایت پیاده سازی مورد استفاده قرار گرفته است. اما قبل از همه این، لازم است که صدای مشتری را از لحاظ نیازها، مشخصات، تنظیمات زیباشناختی، و محدودیت ها، برای تدوین الزامات و عملکرد، جذب کند [32]. مطالعات اندکی [30، 33] به ترتیب در RS در مراحل طراحی مفهومی و طراحی انجام شده است.

با توجه به ادبیات مورد بررسی، واضح است که نیاز به تکیه بر یک رویکرد سیستماتیک برای RS در AM برای پذیرش الزامات طراحی و ساخت دانش طراحی برای هر مرحله از فرایند طراحی است. ثانیاً، از آنجا که RS بهترین راه حل تصمیم گیری است و به عنوان معیارهای متعدد و ویژگی های مربوط به هر دو محصول و فرایند درگیر هستند، دستورالعمل ها یا معیارها باید از ادبیات بررسی شده برای کمک به تصمیم گیری برای هر یک از معیارهای طراحی تعریف شود. علاوه بر این، رویکرد در این مقاله، متدولوژی های موجود را تشویق می کند و تلاش بیشتری برای توسعه یک سیستم مدیریت دانش می کند که می تواند ترکیبات متفاوتی از مواد و ماشین را برای طراحان AM به ارمغان آورد. این تحقیق اولین قدم به سمت یک رویکرد جامع برای حمایت از RS در AM است.

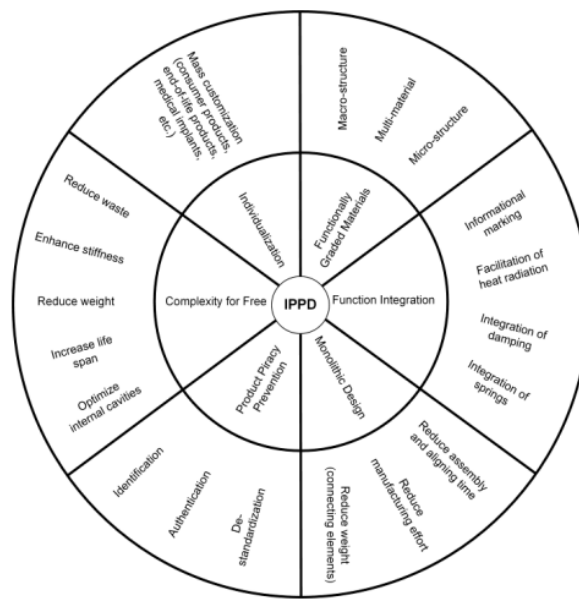
## 1.2 ساختار

باقی مانده از مقاله به شرح زیر تقسیم می شود: بخش 2 روش متداول را با تمرکز بر ساختار دانش دانش برای تصمیم گیری در هر یک از مراحل طراحی و طراحی مفهوم توضیح می دهد. بخش 3 تلاش می کند تا بخشی از چارچوب تصمیم گیری را با استفاده از یک مثال تأیید کند؛ و در نهایت، بخش 4 در مورد نتیجه گیری کشیده شده است.

## 2- چارچوب مبتنی بر طراحی یکپارچه برای RS در AM

چارچوب طراحی یکپارچه طراحی شده در این مقاله، یک گام به گام برای RS (مواد، ماشین و انتخاب فرایند) در AM دنبال می شود. چارچوب جهانی تحت تاثیر دستورالعمل DfAM و نوع برنامه کاربردی قرار دارد و به طور محلی سه مرحله عمده را دنبال می کند. ترجمه، غربالگری و رتبه بندی. این 3 معیار طراحی را در نظر میگیرد؛ عملکرد، هزینه و محیط زیست. این همچنین تعامل با 2 پایگاه داده مستقل را نشان می دهد؛ یکی برای مواد AM و

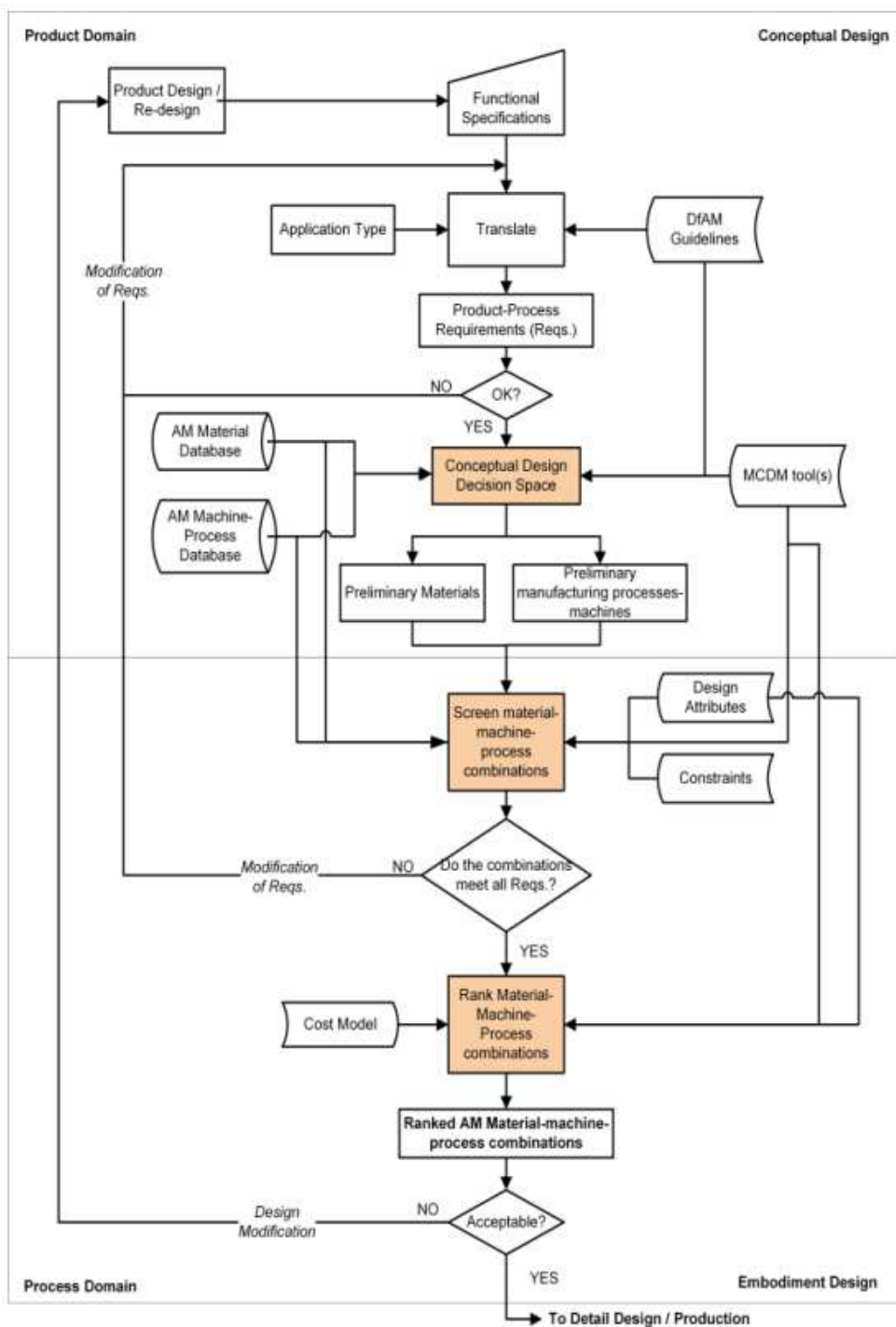
دیگری برای AM ترکیب فرآیند ماشین. برای کاهش هزینه های مربوط به قابلیت ساخت یک بخش، چارچوب پیشنهاد شده عمیقا در مراحل طراحی مفهومی و طراحی با توجه به تصمیم گیری در هر فاز انجام می شود. علاوه بر این، برای ساختار سلسله مراتب تصمیم، این چارچوب به پتانسیل AM می پردازد و با کمک ادبیات مورد نظر، اقدامات مربوطه را پیشنهاد می دهد (نگاه کنید به شکل 1). دایره داخلی نشان دهنده پتانسیل AM است مانند پیچیدگی به صورت رایگان، فردگرایی و غیره، در حالی که دایره بیرونی نشان می دهد که اقدامات لازم برای دستیابی به هر یک از پتانسیل های نشان داده شده است.



شکل 1: پتانسیل و شاخص های مربوط AM

شکل 2 نمایش جهانی چارچوب پیشنهادی را با جعبه های سایه دار حاوی راه های تصمیم گیری در رابطه با RS نشان می دهد. طراحی مفهومی در زمینه IPPD مرحله اولیه ای از فرایند طراحی است که طراح آن اصول علمی، دستورات عملی های DfAM، محدودیت ها و روابط مرتبط را برای ساختن یک تجسد که می تواند بعداً در طراحی هایی که نیازمندی شناور را ارضا کند، بررسی کند. بعد، مرحله طراحی طراحی، با استفاده از ابزارهای MCDM (نمودارهای انتخاب AHP و Ashby material / process selection) و هر مدل هزینه مرتبط برای انتخاب مجموعه ای از منابع برای AM، بر اساس ویژگی های طراحی و محدودیت های کاربردی، اجازه می دهد.

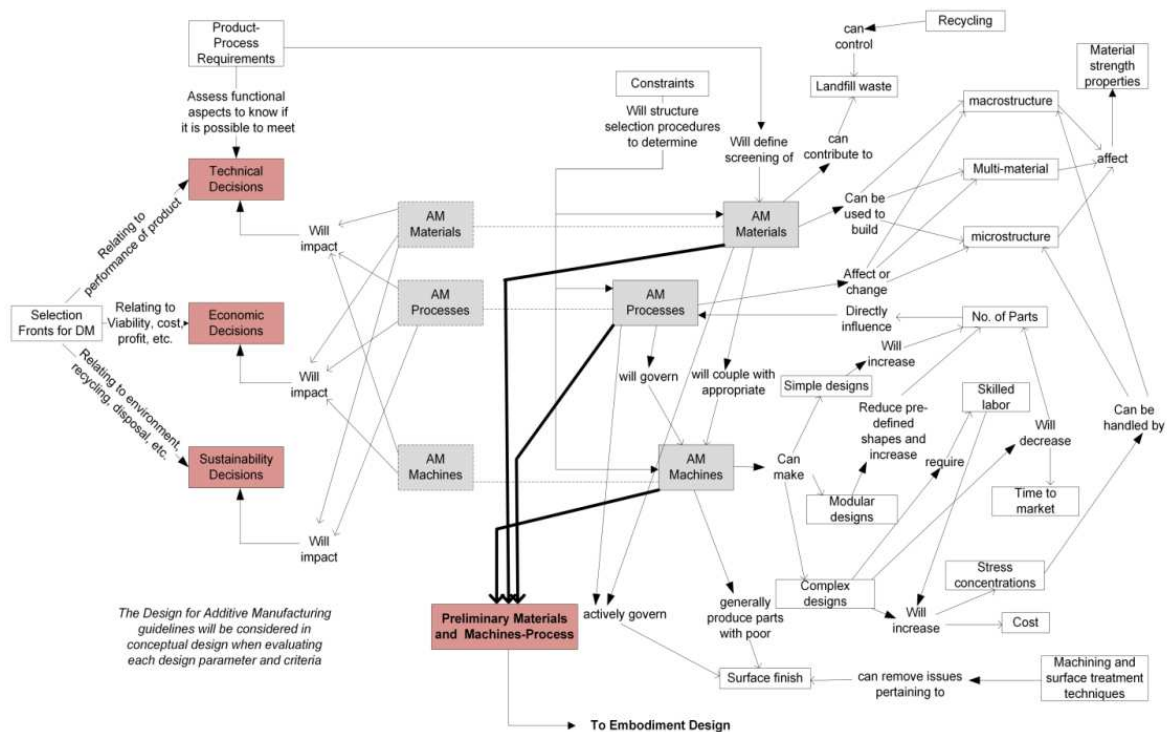
متن به دنبال راه های تصمیم گیری در هر مرحله از طراحی طراحی شده است. همچنین، نمونه ای از نحوه تعریف اصول برای یک معیار طراحی محیط زیست، همراه با مکانیسم برای استخراج قوانین نشان داده خواهد شد.



شکل 2: چارچوب مبتنی بر طراحی یکپارچه برای RS در AM

## RS1-2 در طراحی مفهومی

در چارچوب چارچوب پیشنهادی، زمانی که مجموعه ای از الزامات تولید می شوند (طراحی، تولید، و / یا مرتبط با فرایند)، اطلاعات به "فضای تصمیمی طراحی" هدایت می شوند (نگاه کنید به شکل 2). از آنجا که تصمیم گیری در توسعه محصولات نیازمند همکاری میان تیم های مختلف است، دانش تولید شده باید به گونه ای مدیریت شود که یک راه حل به خطر افتاده و در عین حال "برنده برنده" برای همه سهامداران در دسترس باشد [33]. فضای تصمیم در شکل 3 نشان داده شده است. هر یک از معیارهای طراحی با تصمیمات منحصر به فرد مرتبط است که به عنوان بخش انتخاب برای RS عمل می کنند. آنها به ترتیب به عنوان تصمیمات فنی، تصمیمات اقتصادی و تصمیمات پایداری شناخته می شوند. تصمیمات فنی مربوط به عملکرد محصول است؛ پایداری و هزینه ترجیحات توسط تصمیمات اقتصادی اداره می شود؛ در حالیکه تصمیمات پایداری مربوط به تأثیر محیط زیست مواد AM در زمینه ضایعات زباله و بازیافت پذیری است



شکل 3: فضای تصمیم طراحی مفهومی برای RS در AM



همانطور که در شکل 3 نشان داده شده، مواد و فرایندهای AM همه 3 تصمیم را تحت تاثیر قرار می دهد. با این حال، ماشین آلات AM فقط تاثیرات فنی و اقتصادی را تحت تاثیر قرار می دهند از آنجا که مطالعه فعلی تجزیه و تحلیل جنبه های زیست محیطی مربوط به مواد و فرایندهای تنها است. علاوه بر این، الزامات فرایند تولید محصول به طور مستقیم بر تصمیم گیری و مواد AM تاثیر می گذارد، در حالی که محدودیت ها ساختار روش انتخاب برای تعیین منابع است. سلسله مراتب تصمیم گیری شکل 3 براساس شکل 1 است و نشان می دهد که چگونه برخی از امکانات بسیاری می توانند در میان معیارهای چندگانه، ویژگی ها و نتایج ارائه شده، تعامل داشته باشند. نتیجه مرحله طراحی مفهومی شامل انتشار مواد اولیه و ترکیبات ماشین-ماشین برای AM تا مرحله طراحی است.

## 2-2 RS در طراحی تجسمی

مرحله طراحی طراحی به عنوان "الهام بخشی" اشاره می شود که در آن طراحی مطابق با معیارهای مهندسی و اقتصادی توسعه یافته است. با این حال، در چارچوب پیشنهادی، مرحله موضوع، غربالگری و رتبه بندی نتایج به دست آمده از بند 2.1 را بررسی می کند. پایگاه داده ها، ویژگی های طراحی (همراه با دستورالعمل های طراحی برای هر معیار طراحی) و ابزار (ها) MCDM بیشتر برای بدست آوردن ترکیب نهایی مواد AM، ماشین آلات و فرایندهای AM همراه با استفاده از یک مدل هزینه استفاده می شود. از مدل هزینه برای محاسبه هزینه کلی مواد استفاده شده است و توسط پییم و رزن [34] به عنوان زیر ارائه شده است:

$$M = Ks \cdot Kr \cdot N \cdot v \cdot Cm \cdot \rho \quad (1)$$

جایی که  $M$  = هزینه مواد کلی ((US \$)،  $Ks$  = عامل ساختار پشتیبانی،  $Kr$  = عامل بازیافت،  $N$  = تعداد قطعات،  $v$  = حجم بخش (میلی متر)،  $Cm$  = نرخ مواد در واحد وزن (دلار آمریکا / کیلوگرم) و

= چگالی ماده ( $KS$ ).  $kg / mm^3$ ) برای جمع آوری هزینه های استفاده از مواد اضافی برای ساختن سازه های پشتیبانی استفاده می شود و معمولاً در محدوده 1.1-1.5 قرار دارد در حالی که  $Kr$  برای یافتن هزینه پودر شل شدن است که پس از ساخت بازیافت نمی شود.  $Kr$  معمولاً در محدوده ی 1 تا 7 قرار دارد.

### Axioms 2.3 برای معیارهای طراحی: محیط (مثال)

عناصر تعریف شده در چارچوب مربوط به محیط زیست به عنوان یک معیار طراحی، بسیاری هستند، اما تعداد کمی

در زیر ذکر شده اند [33]:

• از مواد سمی یا مضر اجتناب کنید

• اجتناب از مواد افزودنی که مواد مضر و سمی را انتشار می دهند

• اجتناب از موادی که در طول دفع مواد مضر و سمی انتشار دهند

• استفاده از مواد تجدید پذیر

• از مواد با مصرف کم انرژی استفاده کنید

اصولی که در بالا ذکر شد بسیار ماهرانه هستند و ممکن است به تصمیم گیرندگان برای رسیدن به یک راه حل

مطلوب کمک نکنند. بنابراین، قوانین بر اساس نمایه IF-THEN استخراج شد. برای مثال، برای اولویت اول «اجتناب

از مواد سمی یا مضر»، درخت تصمیم به نظر می رسد همانطور که در شکل نشان داده شده است.

4. قوانین پذیرش و رد کردن رشته های سایه دار در شکل 4 به صورت زیر نشان داده شده است:

• اگر ماده AM سمی و مضر نیست و مواد قابل بازیافت است

یا مواد قابل تجدید است

یا ماده بیولوژیک قابل تجزیه است

سپس از مواد استفاده کنید

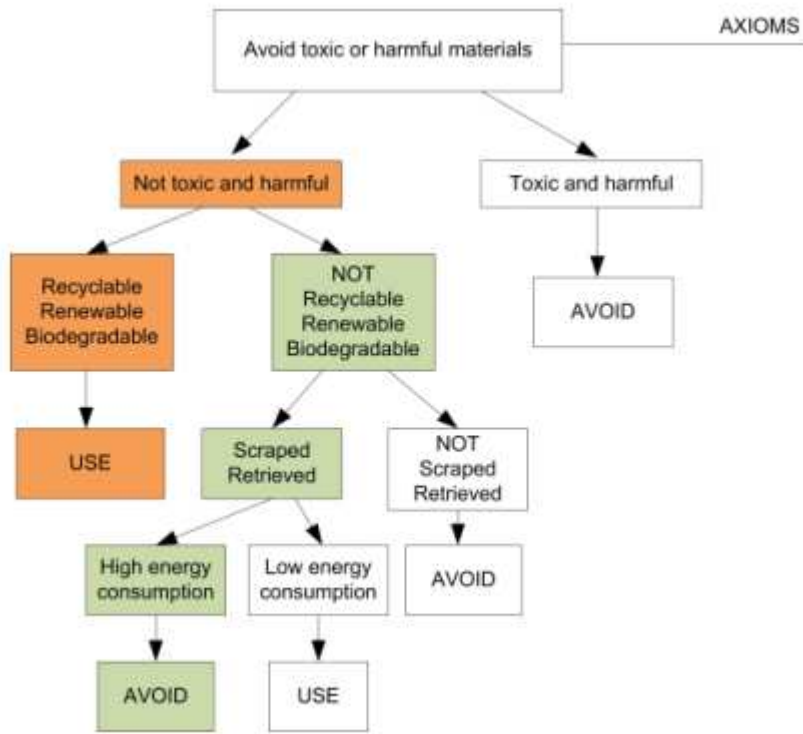
• اگر مواد سمی و مضر نیستند

و مواد قابل بازیافت نیست

و مواد قابل تجدید نیست

و مواد قابل تجزیه نیست

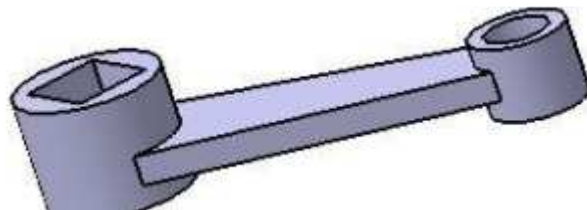
سپس مواد را می توان از بین برد / بازیابی کرد  
 • اگر مواد را می توان اسقاط / بازیابی کرد  
 و مواد مصرف انرژی بالا پس از مواد اجتناب کنند



شکل 4: درخت تصمیم برای اجتناب از مواد سمی و خطرناک

### 3-مثال

برای تایید سیستم تصمیم گیری چارچوب پیشنهادی، یک نمونه از یک میل لنگ انتخاب شد (نگاه کنید به شکل 5). این بخش در برنامه های موتور سرعت بالا برای قدرت مکانیکی (برنامه های کاربردی کم قدرت) استفاده می شود. فرض بر این است که محیط کار ممکن است خشن باشد.



شکل 5: میل لنگ

از آنجایی که حجم بیشتر اتاق های ساختمان AM ماشین ها در ابعاد X، Y و Z می باشد، حجم آن به عنوان یک مکعب (360mm x 16x17) گرفته شد. هدف این بود که وزن کم کنیم، حداکثر قدرت را بگیریم و محصول را قابل بازیافت کنیم. دو معیار طراحی؛ عملکرد و محیط زیست، از این رو در نظر گرفته شد. محدودیت ها شامل تحمل ابعادی 10/1 میلی متر و بخش سازی با استفاده از پلیمر است. این بخش می تواند به عنوان یک ستون برای سهولت کاربرد در مرحله طراحی مفهومی طراحی شود. پتانسیل "پیچیدگی به صورت رایگان" در این مورد مورد استفاده قرار گرفت (نگاه کنید به شکل 1) و اندازه گیری "کاهش وزن" بیشتر در فضای تصمیم گیری طراحی مفهومی مورد بررسی قرار گرفت. دو جنبه تصمیم گیری؛ فنی و پایداری، برای بخش نمونه مورد توجه قرار گرفت (شکل 3 را ببینید). ویژگی های مواد شامل خواص مواد، درجه بندی سطح، اثرات زیست محیطی و دفع زباله های زباله بود، در حالی که ویژگی های دستگاه شامل پیچیدگی هندسی، دقت، حداقل ضخامت لایه، حجم ساخت، و سرعت ساخت. به خاطر سادگی، تنها نتایج هر مرحله نشان داده شده و بحث می شود.

### 3.1 RS در طراحی مفهومی

با توجه به الزامات عملکردی این بخش، الزامات فرآیند محصول با استفاده از شاخص های مواد و فرایندهای Ashby مربوط به کاهش وزن و افزایش سختی ستون تولید شد. همانطور که در بخش 2، قوانین و مقررات مختلف با توجه به دو معیار طراحی تعریف شد. عملکرد و محیط زیست. جدول 1 مقادیر اولیه و ماشین آلات فرایند (شکل 2) را برای RS نشان می دهد.

جدول 1: مواد، ماشین و فرایند های AM مقدماتی

شماره سریال	مواد	ماشین فرایند
1	ABflex VisiJet FTX	DLP P4 Standard XL
2	Green	SLA ProJet 1200
3	RGD 430	MJM Objet 30 Pro/350/500 Connex3
4	Invicta 977	SLA XFAB
5	Vitra 429	SLA XFAB
6	ABS M30	FDM Fortus 380/450/900 mc
7	VisiJet M5	MJM ProJet 5000

	Black	
8	ASA	FDM Fortus 380/450/900 mc
9	ABSPlus	FDM Print SE/SE Plus, Dimension Elite
	VisiJet M3	
10	Black	MJM ProJet 3600
11	ABS-ESD7	FDM Fortus 380/450/900 mc
12	Duraform EX	SLS sPro 140/230/60 HD-HS
13	Accura 25	SLA ProX 800/950
	VisiJet SL	
14	Tough	SLA ProJet 6000/7000 HD
15	PC ABS	FDM Fortus 380/450/900 mc
	Accura PP	
16	White	SLA ProX 800/950
17	Duraform_PA	SLS sPro 140/230/60 HD-HS
18	RGD 450	MJM Objet 30 Pro/350/500 Connex3
19	R11	DLP P4 Standard XL
20	R5 Gray	DLP P4 Standard XL
21	ABStuff	DLP P4 Standard XL

### Rs 2-3 در طراحی تجسمی

این مرحله از AHP به عنوان یک ابزار MCDM برای نمایش و رتبه بندی ماشین های مواد و فرآیند تولید شده از Sec استفاده می کند. 3.1 جدول RS 2 آخر را نشان می دهد که می تواند به مرحله طراحی دقیق ارسال شود. هر یک از ترکیب های به دست آمده می تواند توسط مشتری مورد استفاده قرار گیرد.

#### جدول 2: rs نهایی برای AM

شماره سریال	مواد	فرایند	ماشین
1	R11	DLP	P4 Standard XL
2	Duraform_ PA	SLS	sPro 140/230/60 HD-HS
3	RGD450	MJM	Objet 30 Pro/350/500 Connex3
4	Accura PP White	SLA	ProX 800/950
5	PC ABS	FDM	Fortus 380/450/900 mc

#### 4- نتیجه گیری

چارچوب کلی یکپارچه طراحی شده در این مقاله برای نشان دادن بهترین مصالح مواد (ها)، فرایندهای تولید و ماشین (ها) برای AM ارائه شده است. مفهوم IPPD برای کمک به ارائه خروجی به صورت کاهش هزینه ها، افزایش عملکرد عملکرد و پایداری مورد استفاده قرار گرفت. چارچوب پیشنهادی از طریق اصطلاحات مشخص و قوانین استخراج شده برای تولید یک ترکیب سالم RS برای AM به طور فزاینده ای در مراحل طراحی و طراحی مفهومی کار می کرد. مورد نمونه نیز برای اعتبارسنجی چارچوب همراه با پیشنهاد مواد، فرآیند و ترکیبات ماشین مورد استفاده قرار گرفت. علاوه بر این، چارچوب به دنبال ترجمه استاندارد، غربالگری و روشهای رتبه بندی است. این یک کار طراحی فشرده بود که می توانست برای اجرای رویه ها در رابطه با دستورالعمل DfAM، نوع برنامه، محدودیت های عملکردی و الزامات جزئی انجام شود. در نهایت، مواد تولیدی، فرایندها و ماشین آلات تولید شده، فرصتی مناسب برای مصرف کننده برای امتناع از ترکیب چندگانه به عنوان عوامل محدود کننده مانند بودجه فراهم نمود.

#### References

- [1] Ranjan R, Samant R, Anand S. Design for manufacturability in additive manufacturing using graph based approach. Proceedings of ASME 2015 International Manufacturing Science and Engineering Conference, Charlotte, North Carolina, USA, 2015; doi:10.1115/MSEC2015-9448.
- [2] ASTM. Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies, Standard F2792-12a, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012, doi: 10.1520/F2792-10, www.astm.org.
- [3] Monzon MD, Ortega Z, Martinez A, Ortega F. Standardization in Additive Manufacturing: Activities Carried out by International Organizations and Projects. International Journal of Advanced Manufacturing Technology 2014; 76(5-8): 1111-1121.
- [4] Huang Y, Leu MC, Mazumder J, Donmez A. Additive Manufacturing: Current State, Future Potential, Gaps and Needs, and Recommendations. Journal of Manufacturing Science and Engineering 2015; 137: 014001/1 – 014001/10.
- [5] Vaezi M, Chianrabutra S, Mellor B. Multiple material additive manufacturing-part I: a review. Journal of Virtual and Physical Prototyping 2013; 8(1): 19-50.
- [6] Cozmei C, Caloian F. Additive Manufacturing Flickering at the Beginning of Existence. Procedia Economics and Finance 2012; 3: 457-462.
- [7] Hague R, Mansour S, Saleh N. Design Opportunities with Rapid Manufacturing. Journal of Assembly Automation 2003; 23(4): 346-356.
- [8] Hopkinson N, Dickens P. Emerging Rapid Manufacturing Processes. In: Rapid Manufacturing-An Industrial Revolution for the Digital Age 2006, John Wiley, Chichester: 55-80.
- [9] Kuo TC, Huang SH, Zhang HC. Design for Manufacture and Design for 'X': Concepts, Applications and Perspectives. Journal of Computers and Industrial Engineering 2001; 41: 241-260.
- [10] Rosen DW. Computer-aided design for additive manufacturing of cellular structures. Computer-Aided Design and Applications 2007; 4(1-6): 585-594.
- [11] Adam GA, Zimmer D. Design for Additive Manufacturing-Element transitions and aggregated structures. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology 2014; 7(1): 20-28.
- [12] Ponche R, Kerbrat O, Mognol P, Hascoet JY. A novel methodology of design for Additive Manufacturing applied to Additive Laser Manufacturing process, International Journal of Robotics and Computer Integrated Manufacturing 2014; 30: 389-398.
- [13] Yazdi EA, Gardan J, Lafon P. Integrated design for additive manufacturing based on skin-skeleton approach. Procedia CIRP 2017; 60: 217-222.
- [14] Salonitis K, Zarban SA. Redesign optimization for manufacturing using additive layer techniques. Procedia CIRP 2015; 36: 193-198.

- [15] Klahn C, Leutenecker B, Meboldt M. Design Strategies for the Process of Additive Manufacturing. *Procedia CIRP* 2015; 36: 230-235.
- [16] Thompson MK, Moroni G, Vaneker T, Fadel G, Campbell RI, Gibson I, Bernard A, Schulz J, Graf P, Ahuja B, Martina F. Design for Additive Manufacturing: Trends, Opportunities, Considerations and Constraints. *CIRP Annals – Manufacturing Technology* 2016; 65: 737-760.
- [17] Zaman UKU, Siadat A, Rivette M, Baqai AA, Qiao L. Integrated Product-Process Design to Suggest Appropriate Manufacturing Technology: A Review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2017; 91 (1-4): 1409-1430.
- [18] Wang Y, Blanche R, Xu X. Selection of additive manufacturing processes. *Rapid Prototyping Journal* 2017; 23(2): 434-447.
- [19] Ashby MF. Material and Process Charts. The CES EduPack Resource Booklet 2, © Granta Design 2009.
- [20] Berman AF, Maltugueva GS, Yurin AY. Application of Case-Based Reasoning and Multi-Criteria Decision Making Methods for Material Selection in Petrochemistry. *Journal of Materials, Design and Applications* 2015: 1-9.
- [21] Kesteren VIEH, Stappers PJ, De Bruijn JCM. Materials in product selection: tools for including user-interaction in materials selection. *International Journal of Design* 2007; 1(3):41-55.
- [22] Ipek M, Selvi IH, Findik F, Torkul O, Cedimoglu IH. An expert system based material selection approach to manufacturing. *Journal of Materials and Design* 2013; 47:331-340.
- [23] Mancanares CG, Zancul ES, Silva JC, Miguel PAC. Additive Manufacturing Process Selection Based on Parts' Selection Criteria. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2015, doi: 10.1007/s00170-015-7092-4.
- [24] Armillotta A. Selection of Layered Manufacturing Techniques by an Adaptive AHP Decision Model. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 2007; 24: 450-461.
- [25] Zaman UKU, Rivette M, Siadat A, Mousavi SM. Integrated product-process design: material and manufacturing process selection for additive manufacturing using multi-criteria decision making. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* 2018; 51: 169-180.
- [26] Emrouznejad A, Marra M. The state of the art development of ahp (1979-2017): a literature review with a social network analysis. *International Journal of Production Research* 2017; doi:10.1080/00207543.2017.1334976.
- [27] Yazdani M, Jahan A. Analysis in material selection: influence of normalization tools on COPRAS-G, *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research* 2017; 51 (1): 59-74.
- [28] Adhikari PR, Mirshams R. Study of knowledge-based system (KBS) and decision-making methodologies in materials selection for lightweight aircraft metallic structures. *Journal of Applied Science Engineering and Technology* 2017; 5 (1): 1-19.
- [29] Lukic D, Milosevic M, Antic A, Borojevic S, Ficko M. Multi-criteria selection of manufacturing processes in the conceptual process planning. *Advances in Production Engineering and Management* 2017; 12 (2): 151-162.
- [30] Gupta SK, Chen Y, Feng S, Sriram R. A system for generating process and material selection advice during embodiment design of mechanical components. *Journal of Manufacturing Systems* 2003; 22(1):28-45.
- [31] Zarandi MHF, Mansour S, Hosseiniyou SA, Avazbeigi M. A material selection methodology and expert system for sustainable product design. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2011; 57: 885-903.
- [32] Deng Y-M, Edwards KL. The role of materials identification and selection in engineering design. *Journal of Materials and Design* 2007; 28: 131-139.
- [33] Albinana JC, Vila C. A framework for concurrent material and process selection during conceptual product design stages 2012; 41: 433-446.
- [34] Yim S, Rosen D. Build Time and Cost Models for Additive Manufacturing Process Selection. *Proceedings of the ASME 2012 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, IDETC/CIE, 2012; Chicago, USA.*
- [35] Ashby MF. *Materials Selection in Mechanical Design*. Third Edition, Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill, Oxford, UK, 2005, ISBN: 0-7506-6168-2.



**TarjomeFa.Com**