طراحی مدل ریاضی برای سنجش بخش آموزش

(به منظور بهینه‌سازی در تجهیز هنرستانهای فنی تهران)

محمدمهدی مالکی

کارشناس ارشد مدیریت

چکیده مقاله

هنرستانهای فنی به دلیل تکیه بیشتر به آموزش عملی در کارگاه‌ها و آموزش به کارگیری تجهیزات، هزینه‌های سرمایه‌ای بسیار بیشتری نسبت به دبیرستانها دارند و بر این اساس از پر هزینه‌ترین انواع آموزش به شمار می‌آیند. استفاده بهینه از تجهیزات آموزش در هنرستان موجب صرفه‌جویی‌های اقتصادی و افزایش بازدهی می‌شود. در این مقاله پژوهشی سعی شده است روشهایی برای بهینه‌سازی استفاده از تجهیزات آموزشی در هنرستانهای فنی تهران با استفاده از روشهای کتابخانه‌ای و پژوهشهای میدانی بدست آید. پرسشنامه تحقیق بین تمام هنرستانهای فنی تهران توزیع گردید و پس از انجام مراحل جمع‌آوری اطلاعات، مدل گسترده آن طراحی شده و اطلاعات جمع‌آوری شده به صورت ضرایب متغیرهای مدل قرار گرفت و به کمک نرم‌افزار LINDO حل گردید. مدل تحقیق از نوع برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک می‌باشد که به دنبال یافتن روشی بهینه برای استفاده از تجهیزات، تعیین ظرفیت و نوع رشته در هر هنرستان است. مدل در سه سناریو مختلف شامل بهینه‌سازی وضع موجود، بهینه‌سازی با توزیع متناسب و حداکثر توسعه طراحی شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که می‌توان با به‌کارگیری روش بهینه‌سازی، میزان هنرجویان فعلی را با هزینه‌های سرمایه‌ای کمتر آموزش داد.

واژه‌های کلیدی

هنرستانهای فنی - مدلهای ظرفیت - مدلهای تعیین منابع - مدلهای ارزیابی - برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک - مدل باولز - مدل کارلاو - مدل برنامه‌ریزی خطی - مدل توره تونستاد.

مقدمه

آموزش نوعی سرمایه‌گذاری است که با شکوفا ساختن استعدادها و افزایش تواناییهای افراد، ضمن ارضای نیازهای معنوی افراد، موجب کسب درآمد برای آنان و رشد اقتصادی برای جامعه می‌گردد.[1] آموزش فنی و حرفه‌ای یکی از این نوع سرمایه‌گذاریهاست که بازده اقتصادی قابل توجهی دارد.[2] علی‌رغم بازده زیادی که دارد، هزینه‌های سرمایه‌گذاری آن نیز زیاد است و به‌همین لحاظ از پرهزینه‌ترین انواع آموزش به شمار می‌آید.

در کشور ما هنرستانهای فنی بخش عمده‌ای از آموزشهای فنی را به عهده دارند. از آنجا که هزینه‌های سرمایه‌ای تأسیس هنرستانهای فنی زیاد است، تعداد این هنرستانها از دبیرستانها بسیار کمتر است.[3] با توجه به اینکه فعالیت اصلی در هنرستانهای فنی، آموزش عملی در کارگاه‌ها و آموزش به کارگیری تجهیزات است، لازم است برنامه مناسبی برای استفاده بهینه از این نوع تجهیزات طراحی شود.

اهداف تحقیق

در این تحقیق ما به دنبال یافتن روشهایی برای بهینه سازی استفاده از تجهیزات آموزشی در هنرستانهای فنی و نیز در پی یافتن پاسخ مناسبی برای سؤالات زیر هستیم.

۱- عوامل مؤثر در به کارگیری و استفاده بهینه از تجهیزات آموزشی کدامند؟

۲- سطح مناسب ثبت نام در هنرستان چند کلاس است؟

۳- آیا احداث کلاس یا کارگاه یا سایر مکانهای آموزشی می‌تواند هزینه تجهیزات را کاهش دهد؟

۴- در هر هنرستان چه رشته‌ای ثبت نام شود؟

۵- چه مدلی برای بهینه سازی در هنرستانهای فنی مناسب است؟

فرضیات تحقیق

۱- هزینه‌های تجهیز کارگاه‌ها و احداث فضاهای آموزشی در روش بهینه سازی از هزینه‌های تجهیز هنرستانهای فنی با وضع موجود کمتر است.

۲- سهم هر کارگاه از بودجه دریافتی با استفاده از مدل بهینه سازی افزایش می‌یابد.

۳- هزینه توسعه و تجهیز هنرستانهای موجود از هزینه احداث و تجهیز هنرستانهای جدید کمتر است.

۴- محدودیت فضای کارگاهی در هنرستانها یک محدودیت جدی و اساسی است.

روش تحقیق

در این تحقیق ابتدا از طریق مطالعه کتابخانه‌ای به بررسی ادبیات تحقیق پرداخته شده است. سپس ضمن مصاحبه‌های هدفمند با مسؤولان آموزش و پرورش فنی و حرفه‌ای و مدیران هنرستانها و مسؤولان کارگاه‌ها و همچنین بازدید از هنرستانهای فنی، عوامل مؤثر در کاربرد تجهیزات آموزشی مشخص گردیده‌اند. پس از تعیین این عوامل، مدل ریاضی طراحی شده و با اجرای یک نمونه کوچک نقاط ضعف آن برطرف گردیده است.

با توجه به عوامل مؤثر در به کارگیری تجهیزات آموزشی فنی و حرفه‌ای به تدوین پرسشنامه‌ای برای کسب اطلاعات هنرستانها پرداخته شد. (در این تحقیق جامعه مورد مطالعه تمام هنرستانهای فنی تهران است).[۴]

پس از انجام مراحل جمع‌آوری اطلاعات، مدل گسترده آن طراحی شده و اطلاعات جمع‌آوری شده به صورت ضرایب متغیرها در مدل قرار گرفته و به کمک نرم‌افزار LINDO بر روی کامپیوترهای شخصی حل گردیده است.[۵]

کاربرد مدلهای ریاضی در بخش آموزش

از وقتی که نقش مهم آموزش در رشد اقتصادی آشکار شد،[۶] اقتصاددانها و برنامه‌ریزان اقتصادی تلاش کردند تا در باره تخصیص بهینه منابع آموزشی مطالعه نمایند.[۷] آنها مدلهایی را برای تصمیم‌گیری در مسائل آموزشی طراحی نمودند که در مجموع به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا آموزش را در کیفیت مطلوب و با حداقل هزینه به تعداد بیشتری دانش‌آموز یا دانشجو ارائه نماید. این مدلها به سه گروه تقسیم می‌شوند:

۱- مدلهای ظرفیت:[۸] هدف آنها تعیین تعداد دانش‌آموز با توجه به محدودیتهای موجود است و تأثیر تغییرات نظام پذیرش دانش‌آموز را بر تعداد پذیرش آنها بررسی می‌کند.

۲- مدلهای تعیین منابع: این مدلها میزان نیاز به هر کدام از منابع آموزشی را تعیین می‌نماید که این منابع می‌توانند بودجه جاری و یا سرمایه‌ای یا تعداد کارمندان و ... باشد.

۳- مدلهای ارزیابی: این مدلها بهره‌وری مؤسسه آموزشی را اندازه‌گیری می‌کند.

مدلهای برنامه‌ریزی خطی

تکنیک برنامه‌ریزی خطی در مدلهای مختلف در مسائل آموزشی کشورهای مختلف به کار گرفته شده است که نمونه کاربردهای آن عبارتند از:[۹]

۱- تعیین بهترین محل برای احداث مدرسه یا دانشگاه با هدف حداقل نمودن هزینه مسافرت دانش‌آموزان و یا دانشجویان.

۲- تعیین تعداد محصلانی که بعد از دبیرستان به انواع مختلف آموزش وارد می‌شوند به منظور حداکثر کردن بازده اقتصادی آنها.

در میان مدلهای برنامه‌ریزی خطی که در بخش آموزش به کار گرفته شده، چند مدل است که کاربری بیشتری در کشورهای جهان داشته که در اینجا چند مورد از آنها را نام می‌بریم.

یکی از مدلهای برنامه‌ریزی خطی مدل باولز است که در

نیجریه شمالی به کار گرفته شده است.[10] در این مدل تابع هدف حداکثر کردن بازده اقتصادی فعالیتهای آموزشی از ابتدایی تا آموزش عالی است. مدل دیگر مدل کارلاو است که با یک ماتریس انتقال به پیش‌بینی تعداد دانش آموز برای هر سال و هزینه مورد نیاز آن می‌پردازد.[11]

ریچارد جانسون مدل برنامه‌ریزی خطی خود را برای تعیین محل و اندازه مدارس طراحی نموده که محدودیتهای آن، ظرفیت مدرسه و میزان بودجه تعیین شده است.[12]

مدل توره تونستاد[13] فرایند آموزشی را به صورت یک زنجیره مارکوف در نظر می‌گیرد؛ یعنی کلاسهای آموزشی را به عنوان فضای حالت و سالهای آموزش را به عنوان فضای زمان به صورت یک زنجیره در نظر می‌گیرد.

طراحی مدل ریاضی تحقیق

مدلی که در این تحقیق طراحی شده از نوع برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک است که به دنبال یافتن روشی بهینه برای استفاده از تجهیزات، تعیین ظرفیت و نوع رشته در هر هنرستان است. در این مدل ما در پی یافتن پاسخی برای سؤالهای زیر هستیم:

۱- چه رشته‌ای در هر هنرستان دایر باشد؟

۲- در هر رشته در هر هنرستان تا چه سطحی هنرجو پذیرش کنیم؟[14]

۳- هر کارگاه را در هر هنرستان به چه میزان تجهیز کنیم؟

۴- چه رشته‌ای در هر هنرستان تعطیل گردد؟

۵- فضای کارگاهی در کدام هنرستان توسعه یابد؟

۶- در کدام هنرستان فضای کلاس درس احداث شود؟

۷- چه تعداد کلاس در هر هنرستان احداث شود؟

با توجه به پرسشهای فوق، متغیرهای تصمیم به صورت زیر طراحی می‌شوند:

متغیرهای تصمیم

در این مدل همه متغیرها از نوع صفر و یک هستند؛ به این معنی که هر متغیر نشاندهنده یک استراتژی است که در طی فرایند حل مسأله پذیرفته و یا رد می‌شود.

۱- ثبت نام هنر جو در رشته i در هنرستان j در سطح k و تجهیز کارگاه مربوط[15] X_{ijk}

۲- استراتژی مربوط به فضای کلاسی در هنرستان j در سطح k" $U_{ik"}$

۳- استراتژی فضای کارگاه اختصاصی در هنرستان j در سطح k" $Z_{jk"}$

۴- انتخاب استراتژی مربوط به فضای کارگاه عمومی به هنرستان j در سطح k"" $Y_{jk""}$

۵- انتخاب استراتژی تعطیل رشته i موجود در هنرستان j T_{ij}

طرح کلی مدل ریاضی

مدل کلی برنامه‌ریزی خطی برای بهینه سازی کاربرد تجهیزات در هنرستانها به صورت زیر طراحی شده است:

$$MinZ = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{l} C_{ijk} X_{ijk} + \sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{l} C_{jk"} U_{jk"} +$$

$$\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{l"} C"_{jk"} Z_{jk"} + \sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{l""} C""_{jk"} Y_{jk""} - \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} r_{ij} T_{ij}$$

محدودیت فضای کارگاهی اختصاصی $i=1,2...,40$

$$۱) \sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} a_{ijk} X_{ijk} - \sum_{k"=1}^{l"} a'_{jk"} Z_{jk"} \le A_j$$

محدودیت کلاس $i=1,2...,40$

$$۲) \sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} b_{ijk} X_{ijk} - \sum_{k"=1}^{l'} b"_{jk"} U_{jk"} \le B_i$$

محدودیت کارگاه عمومی $i=1,2...,40$

$$۳) \sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} d_{ijk} X_{ijk} - \sum_{k=1}^{l""} d_{jk""} Y_{jk""} \le D_j$$

محدودیت حداقل تعداد هنرجو رشته $i=1,2...,12$

$$۴) \sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} e_{ijk} X_{ijk} \ge E_i$$

$i = 1, 2, ..., 12,$ $\quad j = 1, 2, ...,40$

$$۵)\sum_{k=1}^{l} X_{ijk} + T_{ij} = 1$$

$$X_{ijk} \ , \ U_{jk}" \ , \ Z_{jk}" \ , \ Y_{jk}" \ , \ T_{ij} = 0 \text{ یا } 1$$

ضرایب متغیرها در مدل

ضرایب متغیرها در تابع هدف ماهیت هزینه‌ای دارد (بجز متغیر تعطیل رشته) و ضرایب متغیرها در محدودیتهای مدل نشاندهنده میزان مصرف هر کدام از متغیرها از منابع آموزشی است. این ضرایب به شرح زیر است:

۱- C_{ijk} هزینه تجهیز رشته i در هنرستان j برای تأمین تجهیزات آموزشی در سطح k

۲- C_{jk} هزینه احداث کلاس یا ایجاد فضای کلاسی

۳- $C"_{jk}$ هزینه احداث فضای کارگاهی در هنرستان j در سطح "k

۴- $C""'_{jk}$ هزینه احداث فضای کارگاه عمومی در هنرستان j در سطح ""k

۵- r_{ij} ارزش تجهیزات موجود در کارگاه مربوط به رشته i هنرستان j

۶- a_{ijk} مساحت کارگاه اختصاصی مورد نیاز برای رشته i در هنرستان j در سطح k

۷- a'_{jk}" مساحت کارگاه اختصاصی احداث شده و یا اضافه شده به فضای موجود در هنرستان j در سطح k

۸- b_{ijk}' تعداد کلاس درس موردنیازبرای‌اجرای‌متغیرهای‌ثبت نام

۹- b'_{jk}' تعداد کلاس اضافه شده به هنرستان i در سطح k'

۱۰- d_{ijk} تعداد شیفت کارگاه عمومی مورد نیاز برای آموزش هنرجویان سال اول رشته i در هنرستان j سطح k

۱۱- d'_{ijk} تعداد شیفتهای کارگاه عمومی که با احداث کارگاه به ظرفیت کارگاه عمومی هنرستان j سطح k اضافه می‌شود.

۱۲- C_{ijk} تعداد هنرجوی رشته i در هنرستان که هر سال در ابتدای این دوره چهار ساله تعداد k ثبت نام می‌شوند.

محدودیتهای مدل

محدودیتهای این مدل به شش دسته تقسیم می‌شود که در این محدودیتها عامل سمت راست[۱۶]مدل نشاندهنده ظرفیت موجود از هر کدام از منابع است. این محدودیتها به شرح زیر است:

محدودیت فضای کارگاه اختصاصی: برای اجرای هر استراتژی در سطوح مختلف ثبت نام به فضایی برای کارگاه اختصاصی نیاز است که این فضا در رشته‌های مختلف دارای استانداردهای متفاوتی است.

محدودیت فضای کلاس درس : در محاسبه ضرایب متغیرها در این محدودیت عوامل زیر در نظر گرفته شده است:

الف - تعداد ثبت نام سالیانه

ب - افت تحصیلی و نرخ ماندگاری[۱۷]

ج - تراکم هنرجو در کلاس

د - ساعات مورد نیاز برای دروس نظری

محدودیت کارگاه عمومی : در اغلب رشته‌های فنی آموزش عملی پایه اول مشترکاً در کارگاه عمومی انجام می‌شود. در محاسبه ضرایب متغیرها در این محدودیت نیاز هر رشته به کارگاه عمومی در نظر گرفته شده و مقادیر سمت راست، ظرفیت کارگاه عمومی را بر حسب شیفت کارگاه عمومی نشان می‌دهد.[۱۸]

محدودیت تعداد هنرجو : مهمترین عاملی که در این محدودیتها نقش اصلی دارد، محدودیت حداقل هنرجوست و دلیل اهمیت آن محدود نمودن کار تابع هدف است زیرا ماهیت حداقل نمودن هزینه‌ها در تابع هدف باعث می‌شود که تابع هدف به سمت تعطیل عام رشته‌های موجود در هنرستان پیش برود و تنها عامل بازدارنده آن محدودیت حداقل هنرجو در هر رشته است.

محدودیت انتخاب یک استراتژی : از آنجا که برای یک رشته در یک هنرستان در چند سطح ثبت نام، استراتژیهای مختلفی تعریف شده است، باید از میان این شقوق مختلف یکی انتخاب شود یعنی یا یکی از شقوق ثبت نام انتخاب شود یا تعطیل رشته در هنرستان انتخاب گردد. این محدودیت موجب می‌شود که مدل، فقط یکی از این موارد را انتخاب نماید.

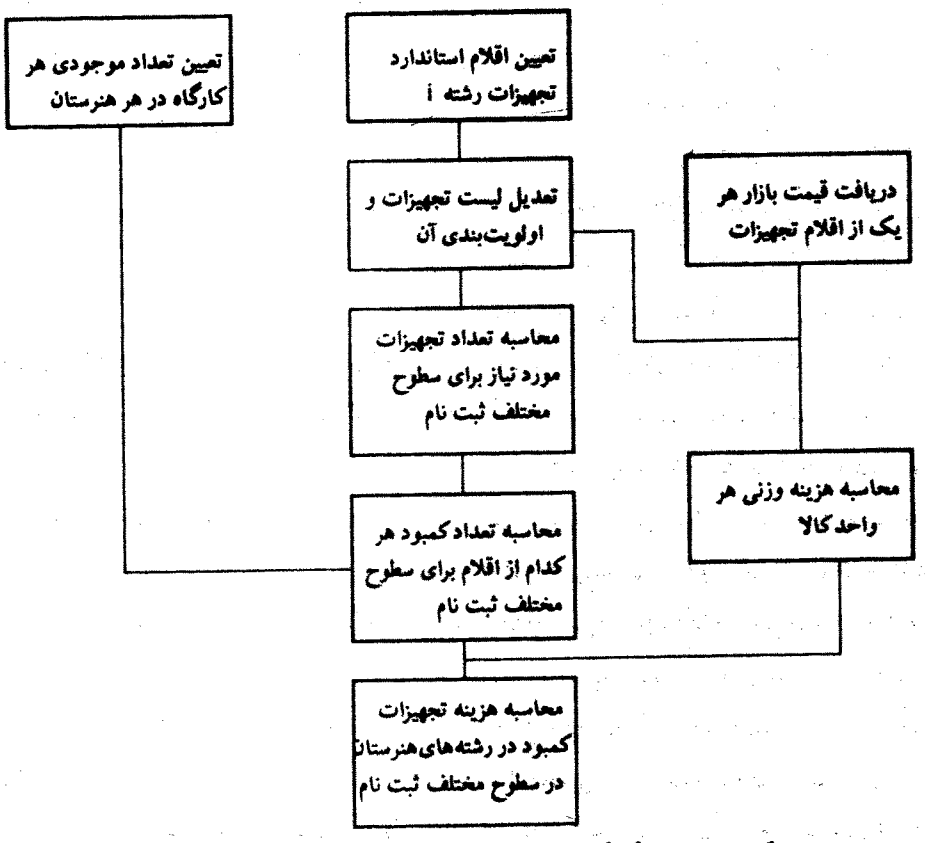
نحوه محاسبه ضرایب متغیرها

در این مدل تابع هدف حداقل نمودن هزینه‌های تجهیزات آموزشی و هزینه‌های احداث فضاهای آموزشی است. در واقع این مدل ضمن رفع نقاط ضعف هر هنرستان (کمبود تجهیزات آموزش، کمبود فضای آموزشی و ...) از نقاط قوت آن هنرستان (وجود فضاها و ظرفیتهای بلااستفاده، تجهیزات اضافی ...) بیشترین استفاده را نموده، به حداقل نمودن کل هزینه‌ها می‌پردازد.

هزینه تجهیزات آموزشی

تأکید این تحقیق بر تجهیزات آموزشی است لذا در قدم اول نیاز هر هنرستان به تجهیزات آموزشی هر رشته برآورد گردیده، سپس هزینه آن مشخص می‌شود. چگونگی محاسبه هزینه تجهیزات کمبود در رشته‌های مختلف هر هنرستان به صورت شکل شماره ۱ است.

بالاتر پیش بینی، و در نتیجه تعداد کلاس مورد نیاز با توجه به تعداد ثبت نام پایه اول مشخص می‌شود. عامل مهمی که در ظرفیت کلاسها در نظر گرفته شده، استفاده از کلاس در زمانی است که هنرجویان آن در کارگاه حضور دارند.



شکل شماره ۱- چگونگی محاسبه هزینه تجهیزات در رشته‌های مختلف هر هنرستان

هزینه احداث فضاهای آموزشی

متغیرهای احداث فضاهای آموزشی با توجه به موقعیت هر هنرستان تعریف شده است بنابر این هزینه هر کدام از آنها با توجه به سطح زیربنا و نوع ساختمان با استفاده از فهرست بهای کارهای ساختمانی تعیین شده است. در محاسبه ضرایب متغیرها در محدودیت فضای کارگاهی، نیاز هر رشته به فضای کارگاهی با توجه به استانداردها و تعداد هنرجویی که در هر استراتژی ثبت نام می‌شود، مشخص شده است. در محاسبه ضرایب متغیرها در محدودیت تعداد کلاس درس، ابتدا افت تحصیلی در هر رشته به طور متوسط تعیین شده و بر اساس آن تعداد هنرجو در پایه‌های

ثبت نام با توجه به تقاضا

در هر محدوده جغرافیایی تقاضاها برای ثبت نام در هنرستان متفاوت است. بنابر این عدم توجه به این تقاضا موجب می‌شود مدل با توجه به نقاط قوت هنرستانهای محدوده مرکز شهر ظرفیت آنها را افزایش دهد. در نتیجه در نواحی اطراف که تقاضا به مراتب بیشتر است نه تنها به هنرستانها اضافه نشود بلکه از ظرفیت آنها نیز کاسته شود. در این مدل مناطق شهری به چند ناحیه همگن تقسیم شده‌اند و تقاضای ثبت نام در هر کدام از آنها مشخص شده و در مدل به عنوان محدودیت تقاضا مطرح شده است.[۱۹]

سناریوهای مختلف

این مدل در سه سناریوی مختلف طراحی شده است:

۱- بهینه‌سازی وضع موجود: به این معنی که نواحی مختلف با توجه به روال موجود بهینه‌سازی گردند. به این ترتیب در هر ناحیه تقاضای واقعی منظور نشده بلکه میزان ثبت نام به عنوان تقاضا فرض شده است.

۲- بهینه سازی با توزیع متناسب: در این سناریو، تقاضای واقعی نواحی مختلف با استفاده از روشهای آماری و با استفاده از نرم‌افزار SPPS تخمین زده شده و میزان تقاضای واقعی در مدل گنجانده شده است.

۳- حداکثر توسعه: در این سناریو بیشینه سازی ظرفیت پذیرش هنرجو مورد نظر بوده است.

بررسی نتایج تحقیق و آزمون فرضیات

تقاضای زیاد برای ثبت نام در هنرستانهای فنی تهران موجب شد تا هنرستانها از ظرفیتهای موجود خود بیشترین استفاده را بنمایند و در ظاهر امر به نظر می‌رسد که از تجهیزات و فضاها استفاده بهینه می‌شود ولی به لحاظ کمبود برخی از نیازهای آموزشی در هر هنرستان از سایر امکانات آن نیز استفاده مفید نمی‌شود لذا نتایج این مدل می‌تواند ضمن کاهش هزینه به افزایش ظرفیت بپردازد.

نتایج مدل نشان می‌دهد که می‌توان با به کار گرفتن روش بهینه‌سازی، همان میزان هنرجوی فعلی را با هزینه‌های سرمایه‌ای کمتر آموزش داد. نتایج به دست آمده از مدلها را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

۱- با استفاده از روش بهینه سازی وضع موجود می‌توان حدود ۲۶۴ میلیون تومان در هزینه‌های تجهیز هنرستانهای فنی تهران صرفه‌جویی نمود و این مبلغ کاهشی درحدود ۲۷/۳ درصد در هزینه‌ها را نشان می‌دهد و در مورد بهینه سازی با توزیع متناسب ثبت نام نیز بهبودی معادل ۲۷/۴ درصد حاصل می‌گردد.

۲- هزینه‌های احداث هنرستانهای جدید به طور سرانه برای هر هنرجو ۴۷۵۲۰۰۰ ریال و هزینه تجهیزات آن به طور میانگین در رشته‌های فنی ۵۸۴۸۰۰۰ ریال است که در مجموع هزینه سرانه سرمایه‌گذاری برای تأسیس هنرستان جدید ۱۰۵۹۰۰۰۰ ریال می‌باشد. حال اگر این هزینه را با هزینه توسعه هنرستانهای موجود مقایسه کنیم با توجه به اینکه هزینه تجهیزات و افزایش ظرفیت برای هر هنرجوی اضافی ۱۳۶۶۰۰۰ ریال است، ملاحظه می‌شود که هزینه تأسیس هنرستانهای جدید ۷۷۵ درصد از هزینه توسعه هنرستانهای موجود بیشتر است.

۳- هزینه‌های سرانه سرمایه‌ای بدون استفاده از مدل بهینه‌سازی ۱۳۲۵۰۰۰ ریال است؛ حال آنکه این هزینه‌ها در مدل «بهینه سازی وضع موجود» و «بهینه سازی با توزیع متناسب ثبت نام» به ترتیب ۹۱۰۰۰۰ ریال و ۹۶۳۰۰۰ ریال خواهد بود و این کاهشی معادل ۳۱ درصد و ۲۷ درصد را نشان می‌دهد.

۴- آموزش و پرورش فنی و حرفه‌ای برای رفع نیازهای مواد مصرفی هنرستانهای فنی برای هر دانش آموز مبلغی را در یک سال تحصیلی به هنرستانها می‌پردازد. در هنرستانهایی که رشته‌های درسی متنوعی داشته باشند سهم هر رشته و هر کارگاه از این مبلغ کم خواهد بود. مدل بهینه سازی موجب می‌شود که با کاهش تنوع رشته در هر هنرستان سهم سرانه کارگاهی افزایش یابد. از آنجاکه این مواد مصرفی از دو بخش هزینه‌های ثابت و متغیر تشکیل شده‌اند در مورد هزینه‌های ثابت با افزایش تعداد هنرجو این هزینه‌ها سرشکن، و شامل اصل صرفه‌جویی در مقیاس[۲۰] می‌گردد.

در مدل بهینه‌سازی در سه سناریوی «بهینه سازی وضع موجود» و «بهینه سازی با توزیع متناسب ثبت نام» و «حداکثر توسعه» سهم هر کارگاه به ترتیب ۳۰ درصد، ۳۱ درصد و ۴۰ درصد افزایش داشته است.

۵- نیروی انسانی متخصص یکی از عوامل بسیار مؤثر در پذیرش هنرجوست. نیروی متخصص از نظر این تحقیق هنرآموزانی هستند که در کارگاه‌ها و کلاسها به هنرجویان، دروس فنی و کارگاهی را می‌آموزند.

برای برآورد نیاز و مدلهای بهینه‌سازی تعداد کلاسهای هر رشته در ضریب استاندارد نیاز به هنرآموز ضرب شده است و به این ترتیب نیازهای هر رشته به نیروی متخصص در هر یک از سناریوها به دست آمده است. برای تعیین تعداد هنرآموزانی که در هر رشته می‌توانند تدریس نمایند، تعداد هنرآموز در هر رشته تحصیلی مشخص شده و رشته تدریس آنها معلوم گردیده و با نیازهای نیروی انسانی در هر مدل مقایسه شده است. در این مقایسه ملاحظاتی چون فصل مشترک رشته‌های تحصیلی و اضافه کاری هنرآموزان نیز لحاظ شده است.

نتایج بررسی نیروی انسانی نشان می‌دهد که بدون در نظر گرفتن اضافه کاری، رشته‌های برق و ماشین ابزار و کارگاه عمومی عمدتاً دچار مشکل هستند و با در نظر گرفتن ۵۰ درصد اضافه‌کاری در هیچ رشته‌ای کمبود نیروی انسانی وجود نخواهد داشت.

۶- نتایج تحقیق نشان می‌دهد که سطح بهینه ثبت نام در هنرستان در هر رشته سه کلاس و ضرایب سه کلاس است و در مدلهای بهینه سازی متغیرهای با سطح ۳ و ۶ کلاس در هر رشته ۵۸ درصد افزایش داشته‌اند وثبت نام یک کلاس و دو کلاس در هر رشته در هر هنرستان به ترتیب ۶۰٪ و ۷۰٪ کاهش یافته است.

۷- در صورتی که هزینه‌های تجهیزات آموزش برای یک کلاس هنرجویی که از سال اول ثبت نام می‌شوند تا یک دوره چهار ساله را طی نمایند با هزینه‌های تجهیزات آموزشی برای آموزش سه کلاس هنرجو مقایسه کنیم، مشاهده می‌شود که افزایش هزینه‌ها در هیچ کدام از رشته‌ها سه برابر نخواهد بود و این به علت وجود تجهیزاتی است که در پایه‌های تحصیلی مختلف به صورت تخصصی برای همان پایه استفاده می‌شوند لذا با افزایش هنرجو تا سه کلاس می‌توانند از همان تجهیزات در وعده‌های مختلف آموزش کارگاهی استفاده نمایند. هر چه تعداد و هزینه تجهیزاتی که متشرکاً در کارگاه‌های پایه‌های مختلف استفاده می‌شوند بیشتر باشد نسبت هزینه تجهیزات سه کلاس به یک کلاس بیشتر خواهد بود. جدول شماره ۲ این نسبتها را نشان می‌دهد.

۸- نتایج مدل بهینه سازی نشان می‌دهد برای ظرفیت فعلی پذیرش هنرجو فضای کارگاهی یک محدودیت اساسی نیست بلکه تجهیزات کارگاهی و اتاق برای کلاس درس، اساسی‌ترین محدودیتها در آموزش فنی و حرفه‌ای است.

پانویسها و منابع و مآخذ

۱- عمادزاده، مصطفی، «مباحثی از اقتصاد آموزش و پرورش»، جهاد دانشگاهی اصفهان، ۱۳۷۰.

۲- رضوی، حسین، «بازده اقتصادی سرمایه‌گذاری آموزشی در سطوح مختلف»، سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۵۷.

۳- آمار آموزش و پرورش، «دفتر هماهنگی طرحها و برنامه‌ریزی توسعه»، خرداد ۱۳۷۲.

۴- به لحاظ اینکه باید برای تمام هنرستانها طرحی جامع ارائه می‌گردید، لازم بوده است که پرسشنامه از تمام هنرستانها دریافت گردد. لذا در این مدل نمونه‌گیری مفهومی نداشته است.

۵- نرم افزار LINDO یکی از قویترین برنامه‌ها در مورد مسائل تحقیق در عملیات

ردیف	عنوان رشته	هزینه تجهیزات سرمایه‌ای برای یک کلاس در ابتدای هر سال (ریال)	هزینه تجهیزات سرمایه‌ای برای آموزش سه کلاس و تفکیک کارگاه‌های هر پایه(ریال)	نسبت هزینه سرمایه‌ای سه کلاس به یک کلاس
۱	اتومکانیک	۹۸۷۵۵۰۰۰	۱۲۵۸۷۱۰۰۰	۱/۲۷
۲	ماشین ابزار	۶۰۷۹۰۴۰۰۰	۱۵۲۰۳۹۶۰۰۰	۲/۵
۳	الکترونیک	۴۲۵۴۳۰۰۰	۷۳۷۳۶۰۰۰	۱/۷
۴	تأسیسات	۲۰۹۰۶۳۰۰۰	۲۷۸۰۲۳۰۰۰	۱/۳
۵	الکتروتکنیک	۲۷۷۱۲۰۰۰	۲۷۸۰۲۳۰۰۰	۱/۲
۶	ذوب فلزات	۹۷۳۴۴۰۰۰	۲۲۷۹۴۴۰۰۰	۲/۳
۷	قالبسازی	۵۰۱۸۹۹۰۰۰	۱۳۵۵۱۲۷۰۰۰	۲/۷
۸	صنایع فلزی	۴۴۰۵۸۰۰۰۰	۱۱۰۱۹۱۰۰۰۰	۲/۵
۹	ساختمان	۷۶۱۵۰۰۰۰	۷۶۶۸۰۰۰۰	۱/۰۱

جدول شماره ۲ - نسبت هزینه تجهیزات سه کلاس به یک کلاس در برخی رشته‌ها

است که توانایی حل مسائل برنامه‌ریزی خطی، برنامه‌ریزی عدد صحیح از نوع صفر و یک و مختلط و برنامه ریزی کوادراتیک و پارامتریک را داراست.
ویرایش SUPERکه در این تحقیق به کار گرفته شده علاوه بر توانایی حل مسائل با ۱۶۰۰۰ متغیر پیوسته، توانایی حل مسائل برنامه ریزی عدد صحیح تا ۵۰۰ متغیر را داراست.

۶- بعد از جنگ جهانی دوم تلاش برای توسعه اقتصادی در کشورهای پیشرفته شدت یافت و در مطالعات ادوارد دنیسون در باره رشد اقتصادی در دهه‌های ۱۹۳۰ تا ۱۹۶۰ در آمریکا معلوم گردید که درصد قابل توجهی از رشد اقتصادی ناشی از آموزش بوده است. مطالعات تئودور شولتز در باره بازده اقتصادی آموزش نشان داد که سرمایه‌گذاری در آموزش یکی از سرمایه‌گذاریهایی است که دارای بازده اقتصادی زیادی است.

۷- ساخارو پولوس، جرج، وودهال، مورین، «آموزش برای توسعه»، مترجمان پریدخت وحیدی و حمید سهرابی، سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۰.

8- Capacity Models

۹- سه مدل ریاضی برای برنامه‌ریزی آموزشی، یان تین برگن، آمار تیاس، سیویل باولز، وزارت برنامه و بودجه.

10- S.Bowlse, **The Efficient Allocation of Resources in Education: Planning Model with Applications to Northern Nigeria**, Harvard University, 1965.

۱۱- هکتور کورآ، «بررسی الگوهای ریاضی در برنامه‌ریزی آموزشی»، داریوش صمیمی، مؤسسه تحقیقات اقتصادی و برنامه‌ریزی علمی و آموزشی.

۱۲- سیرکن، ایروینگ، «طرحها و پروژه‌های آموزش»، مترجمان عصمت قائم مقامی و عیسی ذوقی، وزارت برنامه و بودجه، ۱۳۶۷.

13- Tore, Thomastad

۱۴- منظور از سطح پذیرش هنرجو، تعداد کلاس ۴۰ نفری هنرجوست که در هر سال در پایه اول ثبت نام می‌شوند؛ به طور مثال سطح سه در حقیقت پذیرش ۱۲۰ هنرجو در سه کلاس را نشان می‌دهد.

۱۵- از آنجا که پذیرش هنرجو در هر سطح و تجهیز کارگاه اختصاصی در همان سطح همراه است در این مدل این دو متغیر در هم ادغام شده و به صورت یک متغیر نشان داده می‌شود.

16- Right Hands Side

۱۷- گروه مشاوران یونسکو، «فرایند برنامه‌ریزی آموزشی»، ترجمه دکتر فریده مشایخ، انتشارات مدرسه، ۱۳۷۲.

۱۸- منظور از یک شیفت کارگاه عمومی دو روز آموزش در هر هفته در کارگاه عمومی است لذا هر کارگاه عمومی می‌تواند سه شیفت آموزش ارائه نماید و سه کلاس هنرجوی پایه اول را پذیرش کند.

۱۹- برای تعیین محدوده نواحی مختلف شهر و تعیین تقاضا در هر ناحیه، اطلاعات کاملی در مورد جمعیت، مساحت، تعداد مدارس راهنمایی، تعداد دبیرستانها، تعداد هنرستانها و تعداد دانش آموزان، محل زندگی هنرجویان و تعداد هنرجویانی که در مناطق غیر از محل سکونت خود تحصیل می‌کنند، خط مسیرهای رفت و آمد، تابع تقاضای هر منطقه به وسیله نرم‌افزار آماری SPSS با تکنیک رگرسیون چند متغیره تخمین زده شده و سپس براساس آن شهر تهران به نواحی مختلف تقسیم شده است و تقاضای هر منطقه معلوم گردیده است.

20- Economic of Scale