پردازش مدلهای کمّی برای مدل‌سازی تحلیلهای باستان‌شناختی

کمال الدین نیکنامی
استادیار گروه باستان‌شناسی دانشگاه تهران

چکیده
استفاده از مدلها با ساختار قضایای حقیقی (ریاضی و آمار) امروزه جایگاه ویژه‌ای را در تبیین فرایندهای باستان‌شناختی پیدا نموده‌اند زیرا که اولاً اغلب داده‌های باستان‌شناختی دارای ماهیت کمّی هستند و ثانیاً تعیین و تبیین الگوها و بافتهای داده‌ها و روابط بین آنها فقط از طریق آنالیزهای کمّی و ایجاد مدلهای تفسیری در قالب طرحهایی با قضایای حقیقی امکانپذیر است. در این مقاله به زبانی ساده سعی شده است ضرورت این‌گونه رویکرد در باستان‌شناسی مورد ارزیابی قرار گیرد. در بخش اول مقاله دو نوع از مدلهای ساختاری معرفی می‌شوند که در زمینه بحثهای تحلیلی باستان‌شناسی کاربرد دارند. به عنوان مطالعه موردی، فرایند تفسیری از داده‌های باستان‌شناختی در قالب مثالهایی با استفاده از یک قضیه حقیقی، بخش دوم این مقاله را تشکیل می‌دهد.

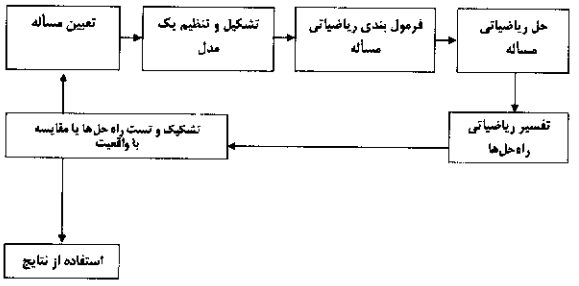
مقدمه
استفاده از اصطلاح مدل (Model) در باستان‌شناسی، با باستان‌شناسی دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ وارد عرصه مطالعات این رشته شد. ضرورت مدل در باستان‌شناسی همواره به عنوان ابزاری جهت «کمک به پیشرفت اندیشه باستان‌شناختی» (Cowgill 1993:554) و مدلسازی به‌عنوان ابزار مؤثری جهت اعتبار تحلیلهای باستان‌شناختی (به‌عنوان مثال 1993 Orton 1980, Fieller) مورد توجه بوده است. در نظر اکثر باستان‌شناسان مدلها بخصوص مدلها با ساختار ریاضی رکن اساسی فرمول‌بندی‌کردن تئوریهای باستان‌شناختی (Read 1990) و مهمترین ابزار تفسیر گذشته است (Judge and Sebastian 1988, Voorrips 1990).

گرچه بعضی از باستان‌شناسان از همان ابتدا اصطلاح مدل را در یک حالت بسیار کلی و گاهی مبهم و نزدیک به تئوری به‌کار برده‌اند (به‌عنوان مثال Piggott 1965:6) و یا مقصودی برای «تسهیل بیان واقعیت» (Clarke 1974) با به‌کارگیری انواعی از مدلها را داشته‌اند، رویکرد اصلی در این مقاله تحلیل در مورد مدلهای ریاضی است که در معمولی‌ترین تعریف خود مدلی است که اجزای آن را اندیشه ریاضی مانند متغیرها، عملکردها، معادلات و نامعادلات و غیره تشکیل می‌دهند (Meyer 1984: 2).

اگر دانش ما از بعضی از متغیرها حتمی نباشد ولی برای واقعی کردن آنها از مدلهایی نظیر احتمالات سود برده شود، نامشان مدل آماری است مانند مدلهای تصادفی (Stochastic or Random Effect)، که گرچه دارای عناصر احتمالاتی‌اند ولی جزو قضایای حقیقی محسوب می‌گردند.

ایجاد و استفاده از مدل، تابع فرایندهای نسبتاً پیچیده‌ای است که زمینه‌های آن را آگاهی از روش‌شناسی علوم، آگاهی از تکنیک‌های ساختاری مدل‌های ریاضی، توانایی پردازش ذهنی (فرایندهای ادراکی حل قضایا) تشکیل می‌دهند. این فرایندها در مجموع «گردش مدل‌سازی» یا مراحل «مدل‌سازی» نام دارند. این فرایند با تبیین یک مسأله واقعی آغاز و با تشکیل یک مدل ریاضی و سپس با استفاده از مدل و داده‌های مورد نیاز و با تفسیر روابط آنها جهت دست‌یابی به نتیجه دلخواه ادامه پیدا می‌کند.

(Buck et al.1996) فرایند گردش مدل‌سازی را در یک مرحله هفت‌گانه به شرح زیر طبقه بندی نموده‌اند. شایان ذکر است که مدل پیشنهادی مذکور بستگی به نوع رویکرد و بستگی به نوع پاسخ‌هایی دارد که هر محقق برای سوال مورد نظر خود فراهم می‌کند و احتمال دارد خود اجزای دیگری را نیز به مدل مذکور اضافه و یا مواردی از آن را تغییر دهد.



نمودار ۱- فرایند یک مدل بر مبنای اندیشه ریاضی برای حل مساله
Diag.1. Process of a model based on mathematical method for problem solving.

از آنجاییکه هدف مقاله حاضر بیان و تأکید بر پتانسیل مدلهای قضایای حقیقی در فرایند مدل‌سازی تحلیل‌های باستان‌شناختی است، انتظار نمی‌رود که در این مقاله بتوان تعداد بیشتری از این رویکردها را مورد بحث و سنجش قرار داد. علی‌رغم عدم گرایش باستان‌شناسان ایرانی به این‌گونه رویکرد (به استثنای موارد محدود) امروزه در سطح بین‌المللی کتابها و مجلات علمی نسبتاً فراوانی در ارتباط با موضوع فوق چاپ و منتشر می‌گردند. علاقه‌مندان می‌توانند به عنوان نمونه به موارد زیر مراجعه نمایند:

Orton (1980), Shennan (1997), Fletcher and Lock (1991), Aldenderfer (1987)

مجموعه مقالات کنفرانس سالیانه:

Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology.

مجلات تخصصی باستان‌شناسی مانند:

Antiquity, American Antiquity, Journal of Archaeological Sciences, Archaeometry, Science and Archaeology, Quantitative Anthropology, Archeologia e calcolatori

رویکرد باستان‌شناسی مدرن، امروزه به شناخت و آگاهی از چگونگی ساختار کمّی داده‌های باستان‌شناختی و کیفیت بافت ذاتی آن داده‌ها معطوف است. اغلب داده‌ها که در بازسازی رفتارهای گذشته جوامع باستان‌شناختی به‌کار گرفته می‌شوند عموماً در مقیاس‌های کمّی مورد سنجش واقع می‌گردند. از آنجاییکه تفاسیر باستان‌شناختی در هر مورد از بازسازی رفتارهای گذشته با تبیین و تعیین خصوصیات الگوها و بافت‌های داده‌های مربوط به آن امکانپذیر است، بعلاوه چون کار باستان‌شناسی شناخت و تبیین آن الگوها و بافت‌ها است نه ایجاد آنها، و از طرف دیگر به‌دلیل اینکه بسیاری از داده‌ها ذاتاً کمّی هستند بنابراین فقط در سایه ایجاد مدلهای کمّی است که باستان‌شناسان قادر می‌شوند تا با تعیین ساختار الگوهای مورد نظر نتایج قابل سنجش را به‌دست آورند (Shennan 1997).

کلارک در کتاب باستان‌شناسی تحلیلی (Clarke 1968: 512) در زمینه تبیین بحث ایدئولوژی باستان‌شناختی (Archaeological Ideology) اندیشه‌های ریاضی را مؤثرترین عامل رسیدن به مقصود می‌داند. او می‌گوید: باستان‌شناسی محتاج به سه طریق استفاده از معادلات کمّی است تا بتواند به ایدئولوژی مورد نظر او دست یابد:

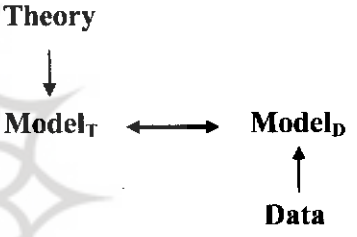
۱- ضرورت شناخت کمّیت داده‌ها از طریق استفاده از آمار توصیفی؛

۲- ضرورت شناخت روابط داده‌ها از طریق استفاده از آمار تحلیلی و استنتاجی؛

۳- ضرورت شناخت قواعد در داده‌های بسیار پیچیده مانند بیان سیستم هم‌نواختی سمبلها که در قالب طرحهای قضایای حقیقی (axiomatic) و مدلها مرتب شده‌اند. در یک نتیجه‌گیری مشابه (Cowgill 1986: 369) در تحلیل کاربرد روشهای عمومی و روشهایی با قضایای حقیقی (ریاضیات) در باستان‌شناسی، کاربرد آنها را در سه طبقه‌بندی کلی شامل مشاهدات باستان‌شناختی، روشهای تحلیلی و قضایای فرهنگی اجتماعی قرار می‌دهد و اعتقاد دارد که بستر اکثر تئوریهای باستان‌شناختی مستقیماً در قضایای ریاضی قرار دارند. در نظر او بین کاربرد ریاضیات در باستان‌شناسی به همراه روشهای پذیرفته شده از یک طرف، با شیوه‌های طراحی مدلهای تحلیلی و شیوه‌های کمّی جمع‌آوری داده‌ها از طرف دیگر، رابطه مستقیمی وجود دارد. یک بررسی کلی از ادبیات باستان‌شناسی مدرن و سنتی این واقعیت را آشکار می‌سازد که عدم ظهور تئوریهایی با مبانی قضایای حقیقی در باستان‌شناسی نه به‌صورت اساسی به ذات علم باستان‌شناسی مربوط می‌شود و نه به عدم تمایل باستان‌شناسان و نه حتی به این نظریه که تئوریهای باستان‌شناسی قابلیت موضوعات و بیان در قالبهای ریاضی را ندارند. زیرا که تکنیک‌هایی با چارچوبهای کمّی در قالب متدهای آماری و مدلسازی جایگاه قابل قبولی را در مطالعات باستان‌شناسی به خود اختصاص داده‌اند (Read 1989).

آنچه که در عمل عدم ظهور و توسعه کاربردهای روشهای مبتنی بر قضایای حقیقی را در باستان‌شناسی علی‌رغم شناخت آن نشان می‌دهد به عدم درک صحیحی «از فرایندهای انطباق روشهایی با مبانی ریاضی به‌عنوان یک زبان بیان ارتباطات پدیده‌های باستان‌شناختی و به‌عنوان یک وسیله مدل‌سازی برای نتایج آن ارتباطات» مربوط می‌گردد. به زبان دیگر روشهای ریاضی در تولید تئوریها و مدلها به مثابه یک زبان و یک سیستم فکری است که برای بیان روابط بین داده‌ها و بیان فرایندهایی که ساختار داده‌ها را بوجود می‌آورند به‌کار گرفته می‌شوند (Read 1990: 29). به زبان فلسفی و آنگونه که فیلسوفی مانند ساپ (Suppe 1972) اشاره می‌کند در زمینه مباحث توضیحی اولین قدم در نمایش ایده‌آلی داده‌ها به ایجاد «مدل» مربوط است و رسیدن از مدل به تئوری جزء اصلی مباحث

توضیحی است. مدلها به‌صورت ذاتی دو نقش عمده را در این‌گونه مباحث به خود اختصاص می‌دهند و شناخت دامنه این دو بخش عمده، رابطه داده‌ها را با تئوری و رابطه مدل‌سازی تئوریهای باستان‌شناختی را با قضایای حقیقی (ریاضی) به‌طور کامل مشخص می‌نماید. در نمودار ۱، ساپ دو کاربرد را به‌شرح زیر مشخص نموده است. مدل D مدلی است که نمایش ایده‌الی از داده‌های واقعی را نشان می‌دهد در حالیکه مدل T تصوری از مدلی است که تئوریهای واقعی را نشان می‌دهد. اتصال بین داده‌ها و تئوریها از طریق ارتباط بین مدل D و مدل T قابل انجام است. این اتصال همچنین از طریق مقایسه دو نوع مدل صورت می‌پذیرد که یکی با مراجعه به داده‌ها اعتبار پیدا نموده و دیگری با مراجعه به فرایندهای ساختاری قطعی، مسجل شده‌اند. حال اگر همنواختی و هماهنگی بین دو نوع مدل مذکور وجود داشته باشد، ایجاد یک بحث تشریحی برای جنبه‌هایی از داده‌های مورد نظر که با استفاده از مدل D استخراج شده‌اند و از طریق ساختاری کردن فرایندها با استفاده از مدل T فراهم شده‌اند امکانپذیر می‌گردند.



نمودار.۲ یک نمودار قیاسی نشانگر روابط بین تئوری-مدل-داده

Diag.2. A deductive diagram showing relations between theory-model-data.

برای بیان یک بحث تشریحی باستان‌شناختی با استفاده از مدل D تصور کنید یک باستان‌شناس در ضمن کاوش باستان‌شناختی در یکی محوطه‌ی نوسنگی به دو گونه آثار معماری ساختمانی به‌شکل اتاق با اندازه‌های مختلف برخورد می‌کند. هر گروه اتاقها به اندازه معینی دارای ظروف سفالینی مخصوص به‌خود بودند که برای فعالیتهای ویژه‌ای کاربرد داشتند. دو فعالیت اساسی در این محوطه که شامل زندگی معمولی و آشپزی و محل انبار آذوقه بود مشخص شدند که هر کدام از آنها با پلان مشخص و ابزارهای مشخص تعیین گردیدند. حال اگر از مجموعه‌ای از اتاقها که به فعالیت زندگی معمولی یا آشپزی اختصاص دارند و محموعه‌ای دیگر که در آن به انبار کردن غذا مبادرت می‌کردند، انتظار داریم که کثرت غالب دو نوع خرده‌های سفالهایی که یکی مربوط به بقایای سفالهایی مربوط به ظروف مختص زندگی و آشپزی و دیگری مربوط به ذخیره‌سازی غذا نظیر خمره‌های بزرگ مورد مشاهده واقع شوند. در اینجا روش تحلیلی با استفاده از روش آماری تحلیل عامل (Factor Analysis) که در آن اتاقها به عنوان واحدهای آنالیز و انواع خرده‌های سفال به عنوان متغیرها مورد استفاده واقع می‌شود تا فراوانی انواع خرده‌های سفال مشخص در ارتباط با فرضیه پیش‌بینی‌شده «هر مجموعه اتاقها به فعالیت معینی اختصاص دارند» تعیین گردند (برای توضیح بیشتر نگاه کنید به: Kroll and Isaac, 1984). جزئیات تفسیر و تشریح عملیات باستان‌شناسی فوق که در دایره بحث تشریحی دارای فرضیات، استنتاج، پیش‌بینی و تصدیق است در این مقاله مورد نظر نیست و در اینجا فقط اختصاص آن به مدل D مورد تأکید است. به‌طور خلاصه فرایندهای انجام یافته را می‌توان به‌شرح زیر بیان نمود:

۱-به‌صورت ایده‌آلی توزیع مکانی واقعی خرده‌های سفال در محوطه مذکور بر اساس یک الگوی ویژه است که خود از توزیع مکانی محل فعالیتهای اقتصادی تأثیر پذیرفته است. با این فرض که محلهای فعالیتهای مذکور به‌صورت فضایی از همدیگر قابل تفکیک بوده و تأثیر عوامل فراآشفتگی نیز در همه آنها از جهت تولید داده‌های غیر سوگیرانه (Unbiased data) مشخص و معین باشد؛

۲-ایجاد یک مدل برای بیان یک توزیع مکانی (فضایی)، ایده‌آلی و قابل مشاهده، این مدل با استفاده از روش تحلیل عامل به‌صورت روشنی مصداق پیدا می‌کند. این روش مبتنی بر فرضی است که داده‌ها به‌صورت متغیرهای وابسته و ارزش آنها در نتیجه «عامل»هایی است که به‌عنوان متغیرهای غیر وابسته محسوب می‌گردند.

همانگونه که از ظاهر مثال نیز معلوم است در این مثال هدف اصلی ایجاد یک مدل بالقوه‌ای است که در آن بیان ارتباط بین نوع فعالیت و آثار مکشوفه با استفاده از توزیع مکانی مناطق فعالیت و توزیع مکانی آثار مکشوفه مورد نظر است. در این حالت تئوری کاملاً مشخص بوده و مدلی نیز برای درک فرایندهایی با ساختارهای مشخص مانند «توزیع مکانی بقایای سفالها اساساً معادل توزیع مکانی محلهای فعالیت‌های اقتصادی است» مورد دلخواه ما است. در این مسیر بحث‌ها و تحلیل‌ها در مورد قابلیت و روشنی تئوری به‌کار گرفته شده نیست بلکه بحث و تحلیل بر روی چگونگی داده‌ها و الگوی توزیع مکانی آنها استوار شده است.

مجدداً تصور کنید که همان باستان‌شناس در همان محوطه به ظروفی برخورد می‌کند که در روی آنها اشکالی ترسیم شده است. او درصدد اندیشه‌ای است که در یک چارچوب قضایای حقیقی سیستمی ایجاد کند تا بتواند رفتارهای فردی را که موجب تولید اشکال مختلف شده‌اند را به سیستم‌های اجتماعی و آیینی جامعه تولیدکننده اشکال نسبت دهد. بدیهی است که در مثال دوم باستان‌شناس بیشتر از یافتن «الگو» به‌دنبال درک «فرایندها» است. در این مثال نیز از مدل‌سازی ریاضی برای فهم رابطه انواع اشکال با افراد مختلف و رابطه افراد مختلف با پایگاه اجتماعی آنان و تأثیر متقابل آنان با همدیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. در اینجا از روشهای ریاضی

برای بیان فرایندهای ویژه مورد مطالعه سود برده می‌شود و هدف از استفاده از این روشها، ایجاد روابط بین ساختارهایی است که تعیین شده‌اند. بنابراین بحث در این مرحله به‌صورت مطلق بیان شده و تفاسیر نیز به‌صورت یک مدل برای نیل به بحث مطلق ادامه پیدا می‌کند. به زبان دیگر هر چند که در اینجا تفاسیر به محتوی مطلق متغیرها نظیر تعداد نقش، نوع نقش و نظایر آن بستگی دارند ولی در بیان ریاضی، تفاسیر، فرم عملکردی مدلهایی هستند که از روابط مفروض منتج می‌گردند. این فرایندها از طریق مدل T انجام می‌گیرند.

در هر دو مثال فوق تفاوت بین دو نوع مدل قابل استفاده و دو نوع مدل‌سازی ریاضی که برای هر کدام از مدلهای قابل استفاده، کاربرد دارند مشخص است. در مثال اول مشکل باستان‌شناس به‌طور اساسی استنتاج یک الگو از بافت پراکنش خرده‌های سفال با استفاده از روش آماری است. در حالیکه در مثال دوم سوال اصلی در ارتباط با چگونگی رابطه بین نقوش روی سفال، رفتارهای فردی و ارتباط نقوش با عوامل اجتماعی و آیینی و احتمال تأثیر رفتارهای فردی بر روی تغییرات نقوش است. در هر دو رویکرد استفاده از اندیشه ریاضی برای مدل‌سازی از یک مجموعه اطلاعات به مجموعه دیگر مشاهده می‌شود. در مثال اول آنالیز بر پایه تئوریهای آماری استوار است که در این مثال از تحلیل عامل-اندازه‌گیری ارزشهای متغیرهای قابل مشاهده و روابط پارامترهای مدل با داده‌های نمونه، استفاده شده است. متدولوژیهای آماری به‌عنوان ابزاری هستند که به‌وسیله آنها الگوهای موجود در یک مجموعه از داده‌ها می‌توانند مدل‌بندی شوند. در کاربرد این متدولوژیها، آمار برای صحت یک مدل به‌کار گرفته می‌شود، به‌عنوان مثال در رابطه: $Logy=a+blogx+\varepsilon$ و یا در معادلات رگرسیون و ضریب‌های همبستگی مانند ضریب همبستگی پیرسون، رابطه همبستگی متغیرها و ارتباط آنها با همدیگر سنجیده می‌شود با این فرض که مدل مفروض باید با داده‌های نمونه در یک قالب قرار گیرند، اگر چنین حالتی پیش آمد مدل مفروض یک مدل معتبر است و می‌تواند روابط بین متغیرها را توصیف کند. این نکته را باید در نظر داشت که اعتبار آماری یک مدل نمی‌تواند به همه سوالات مربوط به تبدیل و تحولات فرایندها و تأثیر آنها در یکدیگر پاسخ دهد زیرا که در مدل D اصولاً تئوریها برای درک ویژگیهای فرایندها و جایگزینی آنها ارائه نمی‌گردند. حدود اعتبار مدل D جفت شدن آن با یک مجموعه‌ای از داده‌ها است. در حالیکه مدل T اعتبار خود را از بیان صحیح ارتباطات بین متغیرها بر اساس تئوری مفروض کسب می‌کند. ممکن است یک مدل T دارای اعتبار باشد ولی با یک مجموعه از داده‌ها جفت نشود، در حالیکه جفت شدن مدل D با مجموعه‌ای از داده‌ها شرط اصلی است ولی برای توضیح فرایندها مدل D کارآیی ندارد. در سطوح تشریحی مطالعات باستان‌شناسی یک مدل T ضرورتاً یک مدل D هم است و رابطه آن دو زمانی که حالتهای مفروض فرایندها در حد کافی و بیان الگوها نیز در حد دلخواه است زمینه ایجاد بحثهای تشریحی باستان‌شناختی را با داده‌های موجود فراهم می‌سازد.

نکته دیگری که در اینجا دقت به آن ضروری است طراحی تئوریها در سطوح تحلیلی است. تفاوت بین یک مدل برای تبیین فرایندها و مدلی برای الگوها بستگی به سطوح تحلیلهایی دارد که هر کدام از مدلها مد نظر قرار می‌دهند. الگوها تا آنجا که به داده‌های باستان‌شناختی مربوط می‌شوند در واقع بقایای رفتارهای گذشته هستند در صورتی که فرایندها زمینه‌های رفتارهای گذشته هستند. سوالی که در اینجا پرسیده می‌شود این است که آیا رفتارها می‌توانند به عنوان یک زمینه مشترک برای هر دو نوع مدل به‌کار گرفته شوند؟ آیا هر دو نوع مدل با سطوح مختلفی از تحلیل سر و کار دارند؟ و یا رفتارها می‌توانند دو مدل را به همدیگر متصل کنند؟ فرهنگ در معنای عام خود وسیله‌ای است که به‌وسیله آن پدیده‌های خارجی معنا پیدا کرده و تفسیر می‌شوند و با این معنا و تفسیر مبنای رفتارها واقع می‌شوند (Read 2003: 17). به عنوان مثال فرض کنید در یک جامعه شکارگر-جمع‌آوری‌کننده غذا در دوره پارینه‌سنگی افرادی در یک اردوگاه (کمپ) زندگی می‌کنند. اردوگاه دارای نظمی در فضاهای ساختاری است که بر اساس فاصله کلبه‌ها از همدیگر ایجاد شده است. در نظر اول و بر اساس داده‌های قابل مشاهده شاید بتوان این‌گونه تفسیر کرد که با توجه به فرض ثابت بودن مسافت کلبه‌ها از همدیگر و بدون توجه به تعداد کلبه‌ها در کمپ، ارتباطات فامیلی افراد این کمپ را مورد ملاحظه قرار داد. وجود فواصل معینی بین کلبه‌ها و توزیع مکانی افراد در داخل کلبه‌ها دارای یک مبنای مادی نیست و ارتباط مادی قابل لمسی را در جنبه‌های مادی هستی این مردم نشان نمی‌دهد و بدون مراجعه به فرهنگ این مردم قابل درک نیست زیرا که این ترتیب مکانی مخصوص جزئی از ارتباطات مکانی فراوانی است که این مردم از آن استفاده کرده‌اند. بنابراین با معنادار کردن فرهنگ است که پدیده‌ای مانند فاصله و مکان به‌حالت مؤثر درآمده و زمینه‌های رفتار را ایجاد می‌کند. ترتیب مکانی خانواده‌ها (فامیل) در یک کلبه بر اساس نسبت خویشاوندی موجود در آن جامعه واقعیت پیدا می‌کند زیرا که سیستم خویشاوندی در عین حال این که از وابستگی‌های زیست‌شناختی سرچشمه می‌گیرد ولی در ماوراء آن قرار دارد. نسبت خویشاوندی یک ساختار فکری است و قابلیت تئوری‌پذیری را در قالب قضایای حقیقی داراست. نه تنها قوانین زیست‌شناختی بلکه رفتارها نیز نمی‌توانند نسبتهای خویشاوندی را معین نمایند. بنابراین رابطه خویشاوندی به‌صورت یک واقعیت عینی است که بسترهایی را برای بوجود آمدن رفتارها ایجاد می‌کند و خصوصیات هیچ رفتاری قابل درک نیست مگر اینکه ابتدا مفهوم این واقعیت عینی قبلاً درک شده باشد (Read 2003: 26-29). به عبارت بهتر، اگر رفتارها جزئی از عمل فردی یا اجتماعی در برابر

پدیده‌هایی هستند که تحت تأثیر فرهنگ معنی پیدا نموده‌اند، بنابراین در این مرحله ایجاد و پردازش تئوری در سطوح فرهنگ قابل ایجاد است نه در سطوح رفتارها. همچنین و دقیق‌تر، یک تئوری رفتاری، باید رویکرد توجه به واقعیت‌های موجود فرهنگی داشته باشد که در قالب آن واقعیت‌ها، رفتارها منشاء گرفته‌اند. بنابراین استفاده از قوانین ریاضی برای بیان منطقی و کاربرد منطقی تئوریهای رفتاری قبل از هر چیز به این نیاز دارند که تأثیر واقعیت‌های عینی فرهنگی جامعه مورد مطالعه را در ساختن آن تئوریها مد نظر قرار دهند.

بیان ریاضیاتی مدلل کردن تحلیلهای باستان‌شناختی

استفاده از مدل‌سازی ریاضی در حوزه باستان‌شناسی به تعیین سمبل‌ها و علائم بستگی دارد. کاربرد منطقی فرایندها که ریشه ادراکی آنها در مدل‌سازی باستان‌شناختی نهفته است به‌طور مؤثر با این سمبلها انجام می‌یابد. از این دیدگاه استفاده از ریاضیات برای مدلل سازی باستان‌شناختی وسیله‌ای برای گسترش و توسعه دلایل باستان‌شناختی محسوب می‌گردند. مدلل‌سازی با این خصوصیات به‌صورت ذاتی با بحث‌های شفاهی در جهت توضیح علمی پدیده‌ها تفاوت دارند. توضیح و تشریح علمی با استقرار (رده‌بندی) پدیده‌های ویژه که هر کدام به‌عنوان یک نمونه از روابط عمومیت‌یافته بین پدیده حکایت می‌کنند آغاز می‌شود، و یا ممکن است که از طریق آنالیز خاصیت‌های اساسی حاصل آیند. به‌عنوان مثال مدار بیضی یک سیاره در ارتباط با خورشید و در ارتباط با سیاره‌های دیگر مثالی است که چرخش یک جرم را نشان می‌دهد. شکل مدار و نحوه گردش به‌صورت قیاسی از رابطه نیرو، جرم و شتاب F=ma استخراج می‌گردد. به همین ترتیب اگر جرم دو سیاره مورد نظر باشد رابطه مورد نظر که بتواند نیروهای جاذبه بین آنها را نیز محاسبه کند به‌شکل زیر در می‌آید: $F=GMm/R^2$

با توجه به مثال، وقتی یک بحث و تحلیل خارج قواعد و خارج از استفاده از سمبلهای رایج انجام می‌گیرد استقرار و قیاس منطقی در آن وجود ندارد و در این حالت ارتباط بین خاصیت‌های مبنایی و نمونه‌های مشخص کار بس دشواری است. حال با توجه به مثال ۱،که بر اساس مدل D و بر اساس آنالیز داده‌ها، الگوی ساختاری توزیع سفالها و رابطه مکانی آنها تئوری «توزیع مکانی فعالیت‌ها» را در پیش روی باستان‌شناس قرار داد، فرض کنید باستان‌شناس تمایل دارد بر اساس این الگوها، فرایندهای مورد نظر خود را نیز پیرامون تخصص‌پذیری، حرفه‌ای‌شدن اقتصاد معیشتی یا فرایندهای سطوح تولید را در جامعه مورد نظر خود مورد ارزیابی قرار دهد و یا به زبان تحلیلی این مقاله، به پردازش مدل T اقدام نماید. انتظار می‌رود او در این فرایند بتواند با استفاده از تئوریهای رایج، قضایای حقیقی مانند آمار، سطوح وابستگی و یا عدم وابستگی متغیرها را نسبت به همدیگر و یا نسبت به «عوامل» تعیین نماید. در این مثال چگونه ممکن است بین متغیرها روابط معنادار را پیدا و تفسیر نمود؟ آنچه که در اینجا باستان‌شناسان بر آن مبنای تئوریک بحثهای تحلیلی خود تأکید می‌کنند برگرفته از تجاربی است که آنان معمولاً آن تجارب را به‌صورت کلاسیک آموخته و به‌کار می‌گیرند. مثلاً آنها می‌دانند در جوامع نوسنگی اولیه، تولید منحصراً مختص مصرف در همان جامعه بوده و سیستم‌های پیشرفته‌تر اقتصادی نظیر تجارت هنوز تحول نیافته‌اند. همزمان با پیچیدگی جوامع، افزایش جمعیت، سطوح تولید و تکنولوژی مربوط به آن نیز دچار تحول می‌گردد. باستان‌شناسان با مشاهده و سنجش تغییرات در روند تولید، تکنولوژی و سایر سیستم‌ها به تحلیل رفتارهای سازمان‌یافته و یا غیر سازمانی می‌پردازند. به‌عنوان مثال ظروف با فرم، اندازه و نقوش استاندارد شده در برابر ظروف غیر استاندارد نشانگر آغاز تحول جامعه تک ساختاری ساده به جامعه پر ساختاری پیچیده و پیدایش نهادهای سازمانی نظیر مدیریت اقتصاد متمرکز است. یا به بیان ساده، گذر از مرحله تولید خانگی به تولید انبوه که بخشی از آن مازاد مصرف است (برای جزئیات بیشتر تئوریهای مربوط نگاه کنید به: Fazeli 2001).

حال ما انتظار داریم جوامعی که سیستم اقتصادی آنها از ساده به پیچیده تحول پیدا می‌کند آثاری از این رفتار پیچیده را در آثار باستان‌شناختی آنها مشاهده نماییم: مثلاً کارگاههایی که سفال انبوه تولید می‌کنند. فرض کنید باستان‌شناس در سنجش زیر سطحی به مقدار کثیری خاکستر حاصل از فعالیت تولید تخصصی برخورد می‌کند که در داخل آن مقدار زیادی مواد زاید تولیدی نظیر جوش کوره مشاهده می‌گردد. وی در آزمایش سطحی نیز با بقایای مقدار زیادی از نوع سفالهای ویژه استاندارد شده مربوط به آن دوره روبرو می‌شود. او به‌صورت تجربی استنباط می‌کند که «حجم انبوه خاکستر و کثرت سفالهای ویژه احتمالاً ما را با یک جامعه سازمان‌یافته حرفه‌ای روبرو می‌کند». بدیهی است که تئوری سازمان‌یافتگی که بر مبنای داده‌های سطحی و زیرسطحی پردازش شده است وقتی ثبات پیدا می‌کند که اولاً رابطه بین داده‌های سطحی و زیرسطحی اثبات شود. ثانیاً، رابطه بین خاکستر و مواد داخل آن با نوع سفالهای ویژه با دقت تعیین شود. در این مقاله پرداختن به جزئیات روشها و رویکردها مورد نظر نیست. هدف این مقاله سنجش اعتبار مدلل‌سازیهای ریاضی و غیر ریاضی است و همانطوری که قبلاً توضیح داده شد، در مدلل‌سازیهای غیر ریاضی تحلیلهای مبتنی بر آن نیز صرفاً شفاهی و غیر سمبلیک است. بیان ریاضی برای بحث فوق به شیوه‌های مختلف قابل انجام است و در اینجا پرداختن به جزئیات آن روشها باعث اطاله کلام می‌گردد و فقط جهت کمک به رسایی موضوع یکی از ساده‌ترین آنها را ـ به‌دلیل اینکه شاید بعضی از خوانندگان با فرایندهای بعضی از قضایا آشنا نباشند ـ به‌صورت خلاصه معرفی می‌شود. فرض کنید در مثال فوق داده‌هایی با مقادیر زیر به‌دست آمده است:

	زیر سطح	روی سطح
تعداد کل	۳۵	۲۰۰
جوش کوره	۱۰	٤۰
سفالهای استاندارد	۵	۱۲
جوش کوره و سفالهای استاندارد	۳	٤

جدول ۱. داده‌های مکشوفه از یک محوطه نوسنگی (جهت تسهیل بیشتر مقادیر با مقیاس کمتری به کار برده شده‌اند)

Table 1.Data discovered from a Neolithic site (for facility most of quantities has been applied with a smaller scale).

روش بسیار ساده‌ای که با آن وابستگی و عدم وابستگی متغیرهای مثال فوق مورد ارزیابی واقع می‌شود اندازه‌گیری اشتراک‌پذیری (Measure of Association) میان متغیرها است. قضیه مذکور این‌گونه بیان می‌شود که:

صفات A و B در بیشتر موارد بیش از آن مقداری اشتراک دارند که انتظار می‌رود مستقل باشند. نسبت این اشتراک باید بیشتر از حد وقوع تصادفی آنها باشد، «فقط» وقتی که آنها مستقل از همدیگر فرض شوند. اگر بین آن دو صفات هیچ‌گونه ارتباطی از هیچ نوع نباشد مانند اینکه آنها مستقل از همدیگر باشند، انتظار می‌رود که نسبت صفات A بین صفات Bها به همان اندازهٔ نسبت صفات A بین صفات غیر Bها؛ یا:

$$\frac{(AB)}{(B)} = \frac{(A\beta)}{(B)}$$

معنای عبارت فوق از این طریق نیز به‌دست می‌آید که حضور و عدم حضور B ارتباطی با حضور A ندارد. اگر نسبت A بین B بزرگتر از نسبت A بین غیر Bها باشد انتظار می‌رود A برای وقوع با B شانس بیشتری از وقوع با β داشته باشد. در این حال A و B یک اشتراک‌پذیری مثبت دارند. اگر نسبت A بین B کمتر از نسبت β باشد سپس A یک گرایش به طرف وقوع با β پیدا می‌کند نه با B. این رابطه اشتراک‌پذیری منفی نامیده می‌شود. یک اشتراک پذیری منفی بین A و B این معنا را دارد که A گرایش به اشتراک با β دارد پس بین A و β یک اشتراک‌پذیری مثبت وجود دارد. یا به زبان ساده یک اشتراک‌پذیری مثبت بین دو صفت A و B مساوی است با اشتراک‌پذیری منفی بین فقط یک صفت مثبت و باقی صفات منفی مانند A و β یا α و B. خاصیت اشتراک‌پذیری را با روشهای مختلفی می‌توان محاسبه نمود. از جملهٔ این روشها یکی محاسبهٔ ضریب اشتراک‌پذیری (Coefficient of Association) است که در این مقاله مورد استفاده واقع می‌گردد. در این روش بعد از پیدا کردن فراوانی مورد انتظار (AB) وقتی که A و B نسبت به هم مستقل هستند. فراوانی مورد انتظار ($A\beta$) ($\alpha\beta$) و وقتی که A و B مستقل هستند نیز قابل دستیابی است:

$$(1)\ (AB)=\frac{(A)(B)}{N} \qquad (2)\ (\alpha\beta)=\frac{(\alpha)(\beta)}{N}$$

$$(3)\ A\beta=\frac{(A)(\beta)}{N} \qquad (4)\ (\alpha B)=\frac{(\alpha)(B)}{N}$$

$$(5)\ (AB)(\alpha\beta)=\frac{(A)(B)(\alpha)(\beta)}{N}$$ از رابطه 1 و 2

$$(6)\ (A\beta)(\alpha B)=\frac{(A)(\beta)(\alpha)(B)}{N}$$ از رابطه 3 و 4

چون سمت راست هر دو رابطه (۵) و (۶) همانند هستند پس:

$$(7)\ (AB)(\alpha B)=(A\beta)(\alpha B) \text{ یا } (AB)(\alpha B)-(AB)(\alpha B)=0$$

معادله (۷) به‌عنوان روشی برای مشاهده اشتراک‌پذیری به‌کار می‌رود. اگر مقادیر رابطه صفر باشد اشتراکی بین دو صفت وجود ندارد. اگر مثبت باشد اشتراک مثبت و در غیر این صورت منفی است. ضریب اشتراکی یول (Yule) نیز بر همین مبنا ایجاد شده است:

$$Q=\frac{(AB)(\alpha\beta)-(A\beta)(\alpha B)}{(AB)(\alpha\beta)+(A\beta)(\alpha B)}$$

Q=0 وقتی است که A و B مستقل از همدیگر هستند. وقتی A و B کاملاً با همدیگر اشتراک دارند مانند همه Aها با B واقع می‌شوند یا هیچ A با β نیست 0= (A β) در این حال ارزش Q (با قرار دادن ارزشهای آن) ۱+ =Q است. همچنین وقتی بین A و B اشتراک منفی وجود دارد یعنی هیچ A با هیچ B ظاهر نمی‌شود. 0=(AB) پس 1-=Q بنابراین از حالت اشتراک مثبت یا منفی کامل به درجات ضعیف‌تر مقادیر Q بین 1+ و 1- در نوسان است.

در مثالی که این مدل برای آن به‌کارگرفته شده اگر A= جوش کوره و B= سفالهای استاندارد باشد، خواهیم داشت:

	N	(A)	(B)	(AB)
سنجش زیر سطح	۳۵	۱۰	۵	۳
سنجش روی سطح	۲۰۰	۴۰	۱۲	۴

برای محاسبه Q محاسبه متغیرهای (AB)، (β A)، (α B)، ($\alpha\beta$) ضروری است پس:

برای زیر سطح:

(AB)=3,

($A\beta$)=(A)-(AB) =7, (α B)=(B)-(AB)=۲

($\alpha\beta$) = N- (A)- (αB) =۱۳

برای روی سطح:

(AB=4), (αB) =(B) – (AB)=۸

$(A\beta)=(A)-(AB)=36 (\alpha\beta)=N-(A)-(\alpha B)=152$

براساس معادلات فوق خواهیم داشت:

$$Q \text{ برای زیر سطح } 0/4 = \frac{(AB)(\alpha\beta)(\alpha B)(A\beta)}{(AB)(\alpha\beta)+(\alpha B)(A\beta)}$$

در حالیکه Q برای روی سطح = ۰/۳۵۶

نتیجه این عملیات ریاضی به زبان ساده بیان رابطه اشتراکی مثبت بین وجود جوش‌کوره و سفالهای استاندارد هم در سطح و هم در زیر سطح است. رابطه مشروح به‌عنوان نشانگر توزیع مکانی سفالهای استاندارد در روی سطح در ارتباط با داده‌های زیر سطحی است. اگر چنین است آیا می‌توان بین مدل D داده‌های تجربی و مدل T تبین یک فرایند رفتاری پیوند بر قرار نمود و یا به عبارت ساده‌تر، آیا باستان‌شناس قادر است با تنظیم و تفسیر فرایند ریاضیاتی مذکور و بر مبنای «تئوری سازمان‌یافتگی اجتماعی بر اساس پیشرفت سازمان‌یافتگی اقتصادی قابل مشاهده از طریق مواد باستان‌شناختی» به سیستم رفتاری جامعه باستان‌شناختی مورد دلخواه خود دست پیدا کند؟ گرچه در مثال فوق ظاهراً یک اشتراک نسبی بین مدل D و مدل T برقرار است و رضایت نسبتاً خوبی برای ایجاد پیوند میان بحث و نتیجه‌گیری تشریحی و مشاهدات ویژه و تئوری عمومی وجود دارد، ولی ضرورت دارد باستان‌شناس درجه صحت (شدت و ضعف) ارتباط را با فرایندسازیهای ریاضیاتی تکمیلی نظیر استفاده از ضریب‌های همبستگی و مدلهای برازشی کامل نماید.

و نکته نهایی اینکه بعضی از باستان‌شناسان اغلب در بحثهای نظری خارج از قاعده مدلهای کمّی ـ قضایای حقیقی ـ از تعمیم ایده‌آلها بر مبنای «قوانین رفتار» (Laws of Behaviour) به‌عنوان اساس تحلیلهای خود سخن می‌گویند: سیستم انسانی تابع شرایط خارجی و همچنین دارای یک سازمان داخلی مانند فرهنگ و تشکیلات اجتماعی است. از آنجاییکه شاید فرهنگ همیشه در داده‌های باستان‌شناختی به‌صورت مستقیم قابل مشاهده نیست (به‌جز مواد باستان‌شناختی)، و از طرف دیگر مواد قابل مشاهده نیز نتیجه فعالیت‌های رفتارهای فردی است، آیا می‌توان از یک قاعده و قانون کلی رفتارهای انسانی سخن به میان آورد.

بدون شک رفتارهای انسانی متأثر از قواعدی است که محصول فعالیت انتخابی ذهن بر مبنای شرایط زیستی انسان است. قوانین رفتاری انسانی با قوانین علومی مانند فیزیک فرق دارند. قوانین فیزیک در تمام جهان هستی واقعیت دارد در صورتی‌که قوانین رفتاری انسانی مانند «عقل‌گرایی در اتخاذ تصمیم» فقط در جایی صحیح است که بر اساس اطلاعات مربوط به آن، ذهن عمل انتخاب و فرایندسازی را انجام می‌دهد. این پدیده ذهن یک عامل خارجی بیرون از ذهن نیست که قبلاً وجود داشته باشد بلکه بخاطر حساسیت ذهن به آن اطلاعات، فعالیت، مناسبی در ذهن پدید می‌آید که در اینجا «عقل در تصمیم» گفته می‌شود. با توجه به سیستم بسیار پیچیده ذهن انسان انتظار نمی‌رود که میان هر فرایندسازی اطلاعات توسط ذهن و شرایطی زیستی یک پیوند قابل مشاهده ساده‌ای را بتوان پیدا کرد (Byrne 1998:111-115). همانطوریکه گفته شد قوانین فیزیک قوانین ثابت هستی‌اند و از آن قوانین مدلهای تشریحی برای تحلیل جهان هستی سودجسته می‌شود ثابت‌انگاری قوانین رفتاری انسانی برای ارائه مدل تشریحی «مشابهت رفتارهای انسانی» (Analogy) بدون درک نقشه‌های هم‌نواختی ژنتیک انسانی و فعالیت ذهن، به افسانه شباهت دارد. آنچه که ما لازم داریم قوانین رفتارهای انسانی نیست بلکه با مدل T چگونگی پیچیدگی، فرایندسازی اطلاعات، خودساماندهی یک سیستم و پردازشهای گوناگون افراد انسانی یک جامعه را تحلیل می‌نماییم. اینکه چگونه گروههای گوناگون انسانی در برابر پدیده‌های مشترک، عکس‌العملهای متفاوتی از خود بروز داده‌اند سئوالی است که پیش روی باستان‌شناسان قرار دارد. صدور حکم قوانین جهانشمول رفتاری برای تحلیل جوامع باستان‌شناختی مورد مطالعه که در آن قوانین ثابت انگاشته می‌شود فرضی محال است. باید توجه داشت که وقتی تصورات و اندیشه‌های مبنایی باستان‌شناسی در مورد سیستم‌ها و فرایندها درست نباشد حتی استفاده از مدلهای ریاضیاتی نیز که بر پایه آن تصورات نادرست بنیانگذاری شود جواب درستی نخواهد داشت.

نتیجه گیری

این مقاله به زبان نسبتاً ساده‌ای سعی کرده است ضرورت رویکرد علمی باستان‌شناسی را در قالب طراحی مدلهای کمّی ارائه نماید. در اینجا دو نوع از مدلهای ساختاری معرفی شدند که زمینه‌ساز بحثهای تحلیلی باستان‌شناسی هستند، مدل D مدلی است که قلمرو آن بیان ایده‌الی شرایط تجربی و مدل T مدلی است برای بیان تئوریکی روابط مفروض. مدلهای فوق بدیهی است که همه مدلهای کاربردی در باستان‌شناسی را شامل نمی‌شوند. در این مقاله جهت توجیه بهتر مثالهایی نیز ارائه شد که در ارتباط با مدلهای مذکور هستند. تفاوت آنها بستگی به نوع قلمرویی دارد که آنها ساخته می‌شوند. به‌عنوان مثال قلمرو تجربی در برابر قلمرو تئوریکی، و در زمینه صحت فرایند، سنجش تجربی در برابر سنجش منطقی بر اساس روابط مفروض. روشهای آماری معمولاً کاربردهایی در مدلهای نوع D دارند، در حالی که بحثهای منطقی و سمبلیک در حوزه مدلهایی است مانند مدل T، مدلی که هدف آن بیان قیاسی روابط است. توضیح و تشریح علمی باستان‌شناختی در این چارچوب «بیان هم‌نواختی وضعیتهای مورد نظر» میان دو مدل مذکور است. برای ایجاد یک تحلیل علمی وجود پدیده‌های واقعی ایده‌آلی شده معتبر و ربط داده‌های ایده‌الی به تئوریهای مناسب مربوط ضروری است که از این طریق روابط بین پدیده‌ها به‌صورت قیاسی حاصل آید. مدلهای ریاضی کاربردهای وسیعی در باستان‌شناسی دارند ولی اغلب در قلمرو

مدل D به‌کار گرفته می‌شوند. مدلهای ریاضی به‌منزله چارچوبی سمبلیک هستند که در داخل آن یکسری اصول منطقی قلمروهایی را شکل می‌دهند که فرایند مدل‌سازی باستان‌شناختی را بسیار استحکام می‌بخشند.

کتابنامه

Aldenderfer, M.S.,
1987 (ed.), *Quantitative Research in Archaeology: Progress and Prospects*. California: Sage Publications.

Buck, C.A., Cavanagh, W.G, and Litton, C.D.,
1996 *Bayesian Approach to interpreting Archaeological Data*. New York: John Wiley and Sons.

Byrne, R.,
1998 The Early Evolution of Creative Thinking. In: S. Mithen, (ed.), *Creativity in Human Evolution and Prehistory*. London: Routledge. 110-124.

Clarke, D.L.,
1972 Models and Paradigms in Contemporary Archaeology. In: D.L. Clarke, (ed.), *Models in Archaeology*. London:1968. *Analytical Archaeology*. London: Methuen. 1-60.

Cowgill, G.L.,
1993 Distinguished Lecture in Archaeology: Beyond Criticizing New Archaeology. *American Anthropologists* 95 (3): 551-573.
1986 Archaeological Applications of Mathematical and Formal Methods. In: D.J. Meltzer, D.D. Fowler and J.A. Sabloff. (eds.), *American Archaeology. Past and Future: A Celebration of the Society for American Archaeology*. Washington: Smithsonian Institution Press. 369-394.

Fazeli, N.H.,
2001 *An Investigation of Craft Specialization and Cultural Complexity of the Late Neolithic and Chalcolithic Periods in the Tehran Plain*. Unpublished Ph.D. Thesis. University of Bradford.

Fieller, N.R.J.,
1993 Archaeostatistics: Old Statistics in Ancient Contexts. *The Statistician* 42: 279-295.

Fletcher, M. and Lock, G.R.
1991 *Digging Numbers: Elementary Statistics for Archaeologists*.Oxford: Oxford University Committee for Archaeology.

Judge, W.J., and Sebastian, L.,
1988 (eds.) *Quantifying the Present and Predicting the Past: Theory Method and Application and Archaeological Predictive Modeling*. U.S. Department of the Interior Bureau of Land Management, Denver, Colorado.

Kroll, E.M. and Isaac, G.L.,
1984 Configurations of Artifacts and Bones at Early Pleistocene Sites in East Africa. In: H.J. Hietala, (ed.), *Intra Site Spatial Analysis in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press. 4-31.

Meyer, W.J.,
1984 *Concepts of Mathematical Modeling*. New York: McGraw-Hill.

Orton, C.R.,
1980 *Mathematics in Archaeology*. Glasgow: William Collins.

Read, Dwight W.,
2003 From Behaviour to Culture: An Assessment of Cultural Evolution and a New Synthesis. *Complexity* 8: 17-41.
1989 Statistical Methods and Reasoning in Archaeological Research: A Review of Praxis and Promise. *Journal of Quantitative Anthropology* 1: 578.
1990 The Utility of Mathematical Constructs in Building Archaeological Theory. In: A. Voorrips, (ed.), *Mathematics and Information Science in Archaeology*: A Flexible Framework. Helos: Bonn. 29-60.

Shennan, S.,
1997 *Quantifying Archaeology*. Edinburgh: Edinburgh University Press.

Suppe, G. R.,
1972 What's Wrong with the Received View on the Structure of Scientific Theories? *Philosophy of Science* 39: 1-19.

Voorrips, A.,
1990 (ed.). *Mathematics and Information Science in Archaeology: A Flexible Framework*. Helos: Bonn.