

第五章翻译体会（完成）

2016年7月16日 18:13

翻译之前，自己把第一章简单的浏览了一下。然后是自己的一些想法和体会

这本书是关于高频金融数据交易的。高频金融数据交易是一个非常随机的过程。还会产生很多的数据干扰和数据冗余。但是，随着众多学者的研究，现在，我们已经能够采取一种策略来研究其中的变化趋势和过程。其中的一种策略是过滤交易策略。

然后是一些数学的部分，这部分还没有怎么看。

第五章 随机波动率模型及应用的估计过程

5.1 介绍

考虑一个连续时间的随机的信号，它的可变性是持续的。但是，可变性改变了它在某个随机的时刻的值。我们可以把可变性行为看作一个机制转换模型或者一个隐式的马尔科夫制度转换模型。目前工作的目的是介绍一种基于例子滤波的技术来估计的变异行为的新方法。然后我们研究应用。

这章的结构如下：这一节剩下的部分给了我们一个概览（关于这个模型和已经存在的文献的）。

5.2节描述了这章主要的方法论，

5.3节包含了结果和结论得到时用的估算方法和实际数据。从金融和物理学方面都有很多应用。

这个工作的最早的动机是来自金融方面的工作。今天，计算机技术已经被很好的应用在了金融领域。但是布莱克-斯科尔斯模型对于捕获数据采样频率高的动态数据还是不够复杂和精确的。在这里，我们提及一些随机波动率模型（谢泼得 2005年），（跳跃扩散模型 默顿 1992年）和一般的levy模型（续和坦科夫）

在这一章，我们提出了在由一个连续时间的马尔可夫链模型引起的变异性信号。在金融文献中，我们在这里分析的模型称为**体制转换波动模型**或**随机波动率模型**与**波动性驱动隐藏的马尔柯夫链**（汉密尔顿和林，1996年；汉密尔顿，2005年；奇夫等人，2004年）。虽然体制转换在科学和工程领域十分流行，不过据我们所知，切换模型的波动还没有应用到金融领域之外。

5.1.2 模型和问题

我们假设一个给定的完全的概率空间，

$$(\Omega, \mathcal{F}, \mathbf{P}).$$

，在这个空间里面，我们给定一个完全的过滤器。

$$\mathcal{F} = \{\mathcal{F}_t\}_t$$

我们考虑一个连续的时间信号S，它满足下列的随机微分方程。

$$S_t = S_0 + \int_0^t r S_u du + \int_0^t S_u Y_u dW_u, \quad (5.1)$$

r是已知的，Wt是一个标准的布朗运动，和过滤器有关，并且被定义在传统的概率空间里面。Yt是模型化的，作为一个连续时间的马尔科夫链。马尔科夫链有精确的状态空间

$$\{a_1, \dots, a_p\},$$

有概率转移矩阵

$$\Lambda = (\lambda_{ij}),$$

,并且转换时间被指数型的随机变量 λ_i 给定。那是：

$$P(Y_s = i, \forall s \in (t, t + u] | Y_t = i) = e^{-\lambda_i u}.$$

为了使随机的微分方程有意义，我们假设过程 S 和 Y 都是适应过滤器 \mathcal{F} 的。我们指出，过程 Y 是不能够被直接观测的。这个过程被称作隐藏的因素或者隐藏的马尔科夫过程。我们的目标是估计 p 的数量，和 $\{a_1, \dots, a_p\}$ ，的值。还有转化率 λ_i 和以离散样本 $\{St_1, St_2, \dots, St_n\}$ 为基础的转换矩阵 Λ 。我们在这里指出，我们希望把这种模型应用到其他的领域，但是我们不使用其它任何输入。特殊的，我们不依赖选择或者将来。或者是任何派生的数据。

5.13

如前文所述，文章的前面给出了一个方程。这个方程已经在金融领域被发现和运用。在金融领域，模型参数的估计已经在90年代被研究过了。可是，不管是数量还是价值都是不尽如人意的。这个模型或许用了估计技术使用特定的金融衍生品等数据调用和看跌期权。

我们需要仔细讨论两种技术以及相关的方法。第一种技术采用了一种完全的估计技术，仅仅使用了一些观察到的信号。这些信号被在y Cvitanic, Liptser, and Rozovskii (2006) and Cvitanic, Rozovskii, and Zaliapin (2006). 的研究中发现

第一篇文章介绍了理论结果,而第二个实现了理论和数值结果。

我们的策略在以下几个方面是不同的。尽管我们用的模型是相似的，但是我们提出的评估策略是不一样的。特别地，引用的工作使用了一个顺序的贝叶斯策略，这个策略是专门为了经过考虑的一个特殊的模型而设立的。这允许作者采取一个特定的聚点率为算法。更加深刻的是，这个和数量紧密相关的状态还有这个特定的价值（隐藏在马尔科夫链当中的）是某些东西，这些东西被贝叶斯滤波以一种可视化的方式进行展示。在我们的工作中，我们使用了一个更加广泛也更加实用的一个过滤的模型。可是，我们也不能够得到精确的汇聚比率如果没有在这个模型中进行额外的假设。我们的策略是有能力辨识出一个精确的数字通过使用一个机械的途径（借助于电脑）

第二种技术（和我们的策略相关的）被GenonCatalot, Jeantheau, and Larédo (2000)提供了出来。这篇文章统计了一系列的三个早期的papers这些早期的papers和某些参数估计是相关的，在股票交易模型中。在这些列举的文章中，作者使用了一个聚集策略和我们的方式是相似的，在一个随机的股票交易模型中。

这个过程 Y ，在这个被列举的工作中，是一个静止的连续的时间和连续的空间过程。在使用了特殊的过滤器之后，作者使用了一种时刻估计的方法（为这些参数）。在我们的文档中，当 Y_t 有一个分离的分布转移这种方法，讲需要特殊的关注，因为这里有大量的分离的价值，它们提

供了相同的时刻（在许多有序之上）。这是为什么，我们使用一种不同的评估技术基于我们特殊的分离模型。

为了完善度，我们提到了早期的工作，这些工作是和估计股票交易模型中的参数相关的（他们来自分离的数据）。尽管这些模型使用了不同于我们的工作的模型，他们也是一个巨大的灵感的来源。Nielsen and Vestergaard (2000), Sorensen (2003), Bladt and Sorensen (2007), and Aït-Sahalia and Kimmel (2007) 对于我们来说是一种重要的参考。

5.2 研究方法

估计策略的理论基础是扩展性的基础工作，这些工作被Del Moral, Jacod, and Protter (2001). 完成。我们指出，因为过程 S_t 的特殊的形式（在5.1中）。我们可以考虑过程 $X_t = \log S_t$ ，这个过程有一个简化的动态的形式，被看作Itô引理的显示

$$X_t = X_0 + \int_0^t \left(r - \frac{Y_u^2}{2} \right) du + \int_0^t Y_u dW_u. \quad (5.2)$$

Y_t 过程仍然是未经修改过的在这个转换之下。观测结果现在是 $\{x_{t1}, \dots, x_{tT}\}$ with $x_{ti} = \log s_{ti}$.

现在我们在yDel Moraletal. (2001)研究的基础上使用文章过滤策略来估计波动过程的分布。我们使用理论的 Y_t 的分布来寻找参数值，那可以让我们和估计的分配有一个最好的吻合。估计策略将在下两个节中被描述。

5.2.1

假设我们正在观察这个过程的演进，在 $[t_{i-1}, t_i)$ 的间歇。我们给定两个端点 $x_{t_{i-1}}, x_{t_i}$ ，和一个之前的波动过程 $Y_{t_{i-1}}$ 的分配的估计。这个被 Φ_{i-1} 指示。我们想要估计波动过程 t_i : Y_{t_i} 的分布。为了继续进行，我们需要选择下面的基础部分。

一个权重函数 $\varphi(\cdot)$. 这个在其他领域的资料中被叫做核心函数。但是从实际上考虑，它不得不大规模的围绕零。这个可信不需要系统化。尽管在实际的应用上它总是系统化的。在实际上，我们不知道我们是否应该惩罚的更多，如果我们低估或者高估了函数。于是，我们总是选择一个系统化的 $c \varphi$. 在我们的应用中，我们典型使用三角分布函数，Epanechnikov,或者Gaussian分布函数。这个被使用的选择通常对估计过程影响甚微。

一个数 n ，代表了过滤的中介路径的数量。这个数字一般来说是非常大的

数字 m 代表了在间隙 $[t_{i-1}, t_i)$ 中介点的数量。由于理论上的聚合的原因，我们需要让 $m \geq 3 \sqrt{n}$.

有了这些基本的元素，过滤策略包含两个部分，一个是进化步骤，一个是选择步骤。

5.2.1.1 进化步骤

在算法的这个步骤，我们从 t_{i-1} 到 t_i 中创造 n 个路径。使用以下的过程演化，采用 $\Delta_{i,m} = t_i - t_{i-1} / m$ 并且画一个值。并且从之前的估计的分布 Φ_{i-1} 中画一个值 Y_{i-1} ，每一个进化路径 j 都使用一个尤拉定理来构造。

$$\begin{cases} \tilde{X}_{t_{i-1}+k\Delta_{i,m}}^j = \tilde{X}_{t_{i-1}+(k-1)\Delta_{i,m}}^j + \left(r - \frac{(\tilde{Y}_{t_{i-1}+(k-1)\Delta_{i,m}}^j)^2}{2} \right) \Delta t \\ \quad + \tilde{Y}_{t_{i-1}+(k-1)\Delta_{i,m}}^j \Delta W_k^j \\ \tilde{Y}^j = \tilde{Y}^j + R \Delta Z^j \quad k \in \{1, \dots, m\} \end{cases} \quad (5.3)$$

$$\begin{cases} \tilde{X}_{t_{i-1}+k\Delta_{i,m}}^j = \tilde{X}_{t_{i-1}+(k-1)\Delta_{i,m}}^j + \left(r - \frac{(\tilde{Y}_{t_{i-1}+(k-1)\Delta_{i,m}}^j)^2}{2} \right) \Delta t \\ \quad + \tilde{Y}_{t_{i-1}+(k-1)\Delta_{i,m}}^j \Delta W_k^j \\ \tilde{Y}_{t_{i-1}+k\Delta_{i,m}}^j = \tilde{Y}_{t_{i-1}+(k-1)\Delta_{i,m}}^j + \beta \Delta Z_k^j, \quad k \in \{1, \dots, m\} \end{cases} \quad (5.3)$$

这里 ΔW_k^j and ΔZ_k^j 代表了独立的布朗运动的增长 [i.e., they are i.i.d. $N(0, \Delta t)$],

β 是这个算法的一个参数。在每一个进化路径的末端，我们保持这一对

$$(\tilde{X}_{t_i}^j, \tilde{Y}_{t_i}^j), j = 1, \dots, n.$$

5.2.1.2

这个步骤的思想是给更大的权重在更好的值上面。特殊的是，我们设定每个最终值对应的的重量等价于下面的方程：

$$w_j = C(n) \sqrt[3]{n} \varphi \left(|\tilde{X}_{t_i}^j - x_{t_i}| \sqrt[3]{n} \right),$$

这里 $C(n)$ 是一致常态化的，并且使得重量的总数是1.

我们的在步骤i末端的近似的分布，是不连续的分布。

$$(\tilde{Y}_{t_i}^j, w_j)_{j \in \{1, \dots, n\}}.$$

我们把这个分布标志为

$$\Phi_i.$$

这个选择的步骤和抽样技术是同等重要的。

5.2.2

一旦我们有了过滤的概率分布， Φ_1, \dots, Φ_T ，我们计算他们的每一种形式，我们把它们看作是 y_t 的一种估计的形式。下一个步骤是直接的，这个值 y_1, \dots, y_T ，代表了来自高斯分布的一种精确的 a_1, \dots, a_p 实现。也就是马尔科夫链的陈述。因此，我们可以使用已经建立的方法之一来估计手段的性质。例如：期望最大化算法。可是，期望最大化算法要求分配知识的数量。并且它是非常慢的。所以我们希望能够找到更简单的方法。我们跟随最小错误阈值法。这个方法假设分配过程中最好的分离的价值是 T_1, \dots, T_{p-1} 。给定了这个假设，这种方法计算看到这些值的可能性。在这种方式里面，这种方法估计函数的可能性。这个最大化可能被表现出来，使用任何非线性的最优化方法。在研究多元方差正态分布的时候，函数可以被最大化，并且有一个全球的最大化的值。这个最大化的结果是一系列最优的阈值。

$$\hat{T}_1, \dots, \hat{T}_{p-1}.$$

一旦这些被获得，这个算法使用一种截断正常方法去获得每一个分配的估计值的意义。这些是我们的对

a_1, \dots, a_p 的估计值。这个值 p 被选择，所以它和最大值的可能结果是协调的。全部的关于这个策略的细节的分析可以在 Levin (2010) 的分析中被找到。

在附录5.A.4中，我们提供了聚合的结果。有理论上的也有实证的。我们觉得这些结果，尽管可以证实算法演示的正确的结果，也可以尽量减少论文的不足。那是真实数据在下一个章节的应用。

提及 λ_i 正确的 鉴别方式是非常值得的。 λ_{ij} 是最困难的问题。仅有的正确估计策略的希望放在了我们有足够的样本来侦测当变迁发生的时候。也是由于这个原因，这个策略是非常适宜用来做样本数据分析的，如果样本具有高频的特点。这样一来，变迁也可以被正确的识别。

5.3.1

波动, 被定义为平方变异的根源。在金融应用程序有着至关重要的作用。它提供了一种方法来衡量与金融资产相关的风险。我们已经知道了很长一段时间，确实在数学金融学和估计波动在这个地区有一个特殊的位置。估计使用了历史数据和金融的模型。可是，尽管有很长时间的历史，在实际上有不可调和的不同，在这些价值中间，（这些价值包含了使用历史数据和现场导数值），传统地，这些不同被解释（使用时间范例）。运用了无常性反映了当前的风险价值当历史的无常代表了风险来自过去并且包含了现在。

在当前的工作中，我们工作基于下面的假设。这里有转移变化在无常的价值里面。这些转移被捕捉了使用策略（在这一章中展示出来的）。这些转移变换可能来自新闻，大事件，贸易模型（在一天当中会变化的）

这个金融数据，我们用来阐述这个方法的来自2008年三月Bear Stearns 开始这个一周在星期一。这个八十五年老的公司，这个华尔街第五大安全公司在这个时候，从来没有记录一个四分之一的损失直到前一年。他们正在预测一个盈利报告为2008年的第一个季度。在这一周的结束，分享的价格已经跌倒了30美元并且在周末， Bear Stearns, JPMorgan and the Federal Reserve Bank of New York 安排JPMorgan来购买Bear Stearns，每股2美元。来避免破产。

一个表面上十分健康的公司，怎么会突然陷入到这么一个境地中呢？我们可能不知道，也可能永远都不知道（如果我们没有分析公司内部的平衡）。可是，这是一个完美的背景来测试我们的模型，为了更加接近那周的结论，市场应该变得越来越波动的并且结果时波动应该表演一个转换在重要性上。我们能够捕捉到这个转换吗？它存在吗？我们能够确定一个精确的时刻当风险开始的时候吗？其它的公司将要被被坍塌影响吗？这些问题都是我们希望回答的当我们开始分钟数据的分析的时候。

5.3.1.1

在所有事件被提及的时间，已经有一个大的破产率是和那些按揭贷款公司相关的：

全美金融公司，国家最大的按揭贷款提供者

[New York Times articles](#)). 还有许多投资银行和其他的公司，大的或者小的。包括政府机构都在这个波动的市场上从市场营销和媒体关注度上来说公司和投资公共事业都意识到了次贷危机。

负责商业公司的人知道基金，一夜贷款，和资产流动性都有麻烦，从贝尔斯登破产的第一天开始。通过投资工业，这里有警告性的信号。特殊的，家庭贷款违约。

最晚在三月11号的星期二，股票市场到达了顶峰，在议会颁布了打开借款政策来投资公司以后，包括商业银行。在三月13号的晚上， Bear Stearns正在和SEC的管理者会面。Federal Reserve Bank of New York的负责人表达了看法：Bear Stearns将不得不申请破产。我们设想市场将在周五回应这个新闻。所以分析波动行为是很有趣的

5.3.1.2数据分析和结果

在5.1节中，我们可能分析这个银行的波动行为，在这周的3.10号到3.14号期间并且持续两天的日子。贸易并没有停止在这周因为公司依然存在尽管处于不同的管理。这个估计波动的过程是1.9,5.4, 和6.8，所有这些价值在正常值【0,1】年度的波动价值，对于股票市场来说。更多的是，波动水平转化提高了，在星期二的中期就开始了当然也在星期三的会议之后。

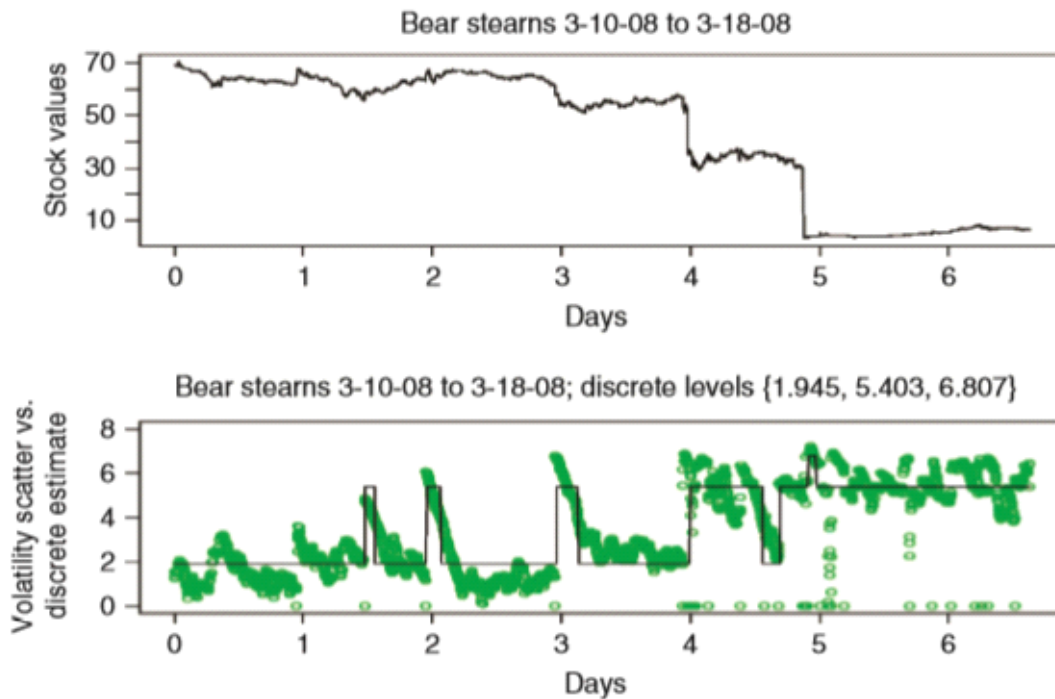


FIGURE 5.1 Bear Stearns stock price/volatility March 10 to March 18, 2008.

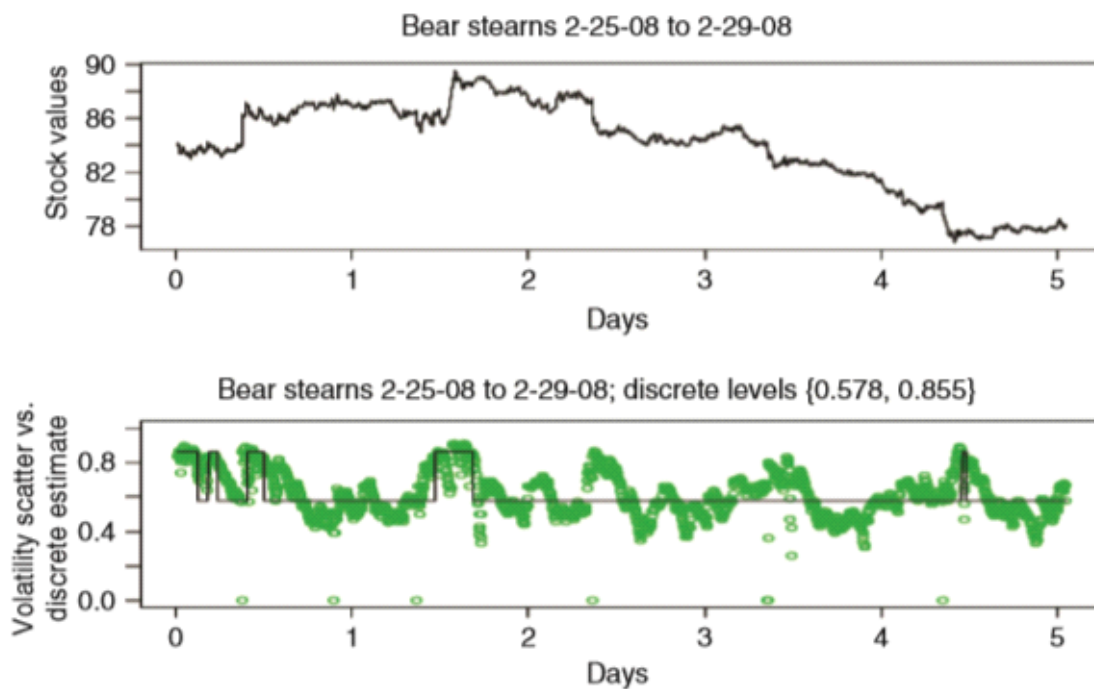
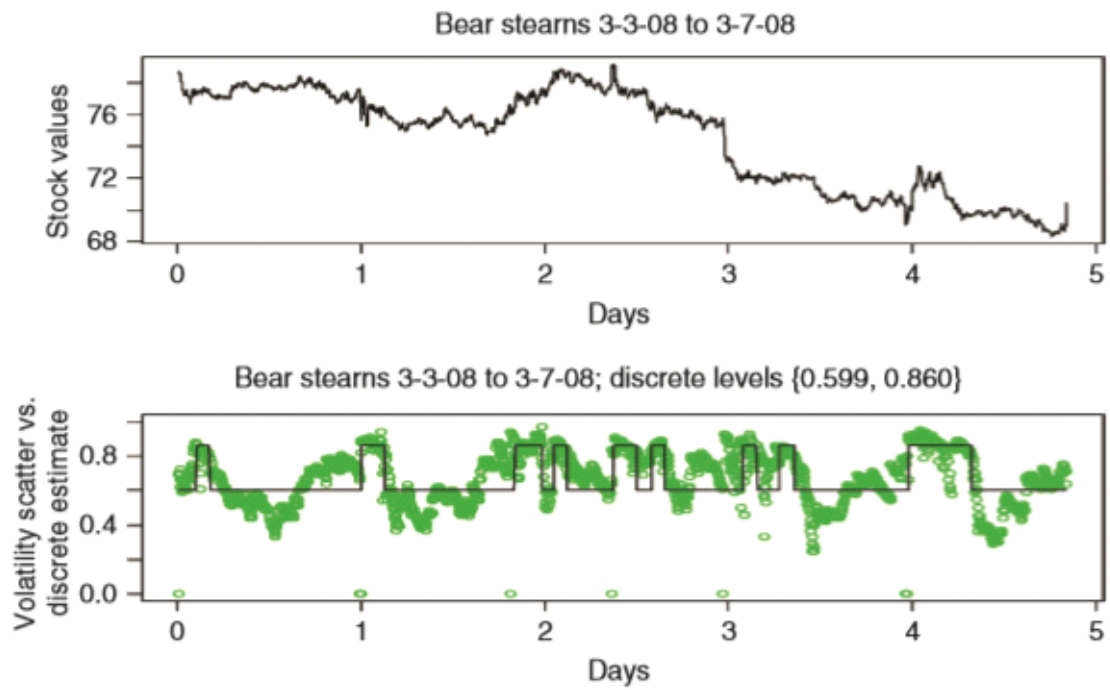


FIGURE 5.2 Bear Stearns stock price/volatility 2 weeks before collapse.

我们发现，高的波动价值可能由于周一和周二跟随着收购行动。在这些日子期间，股票交易在三美元到四美元的范围。尽管这个宣布是最终股票将被摩根大通收购以每股两美元的价格。这个对于高的交易活动的解释，当一个阶层的行动诉讼被申请，代表股票持有者的利益，挑战摩根大通收购这家银行的时间。在同一天，一个协议被达成。收购价被提高到了每股10美元。意识到这种状况，我们除去了买断之后的天数，并且我们重新独立地做了分析，为三月十四号的前三周的每一周（参考章节5.2，章节5.3和章节5.4）。从这些图片中，我们看到在关键一周的前两周波动水平是相似的（ ~ 0.59 到 ~ 0.86 ）。我们看到最后一周的波动水平是比前两周都高的（1.1, 2.4, 和5.2）。所以，整个周的行为是反常的。第二周确实显示了长时期的更大的波动，所以我们决定把最后两周（2008年的3月3号到14号）的数据放在一起，在章节5.5做一个总体的分析。我们最终可以发现，反常的水平被接触到了在三月七号星期五的开始和结束的时候。并且持续了接下来的一周。



更进一步地，我们观察波动性比较低的值在三月12号的星期三期间。这是SEC和贝尔斯登会面的前一天。我们从这个行为中可以推测，破产公告给整体市场的参加者带来了震惊。

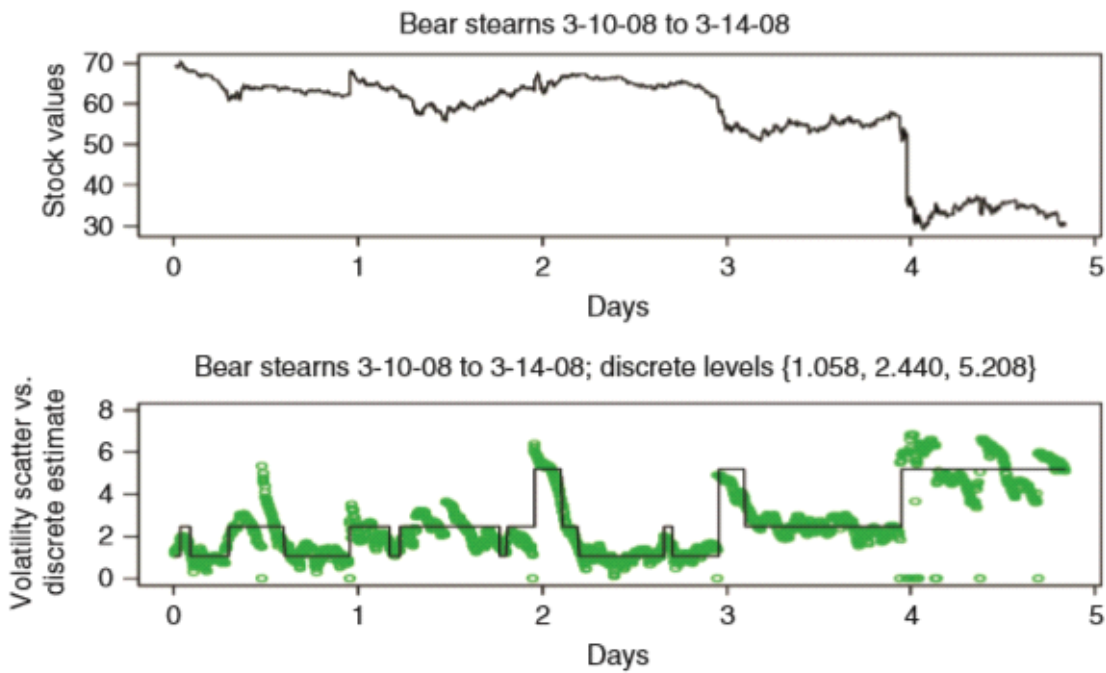


FIGURE 5.4 Bear Stearns stock price/volatility week of the collapse.

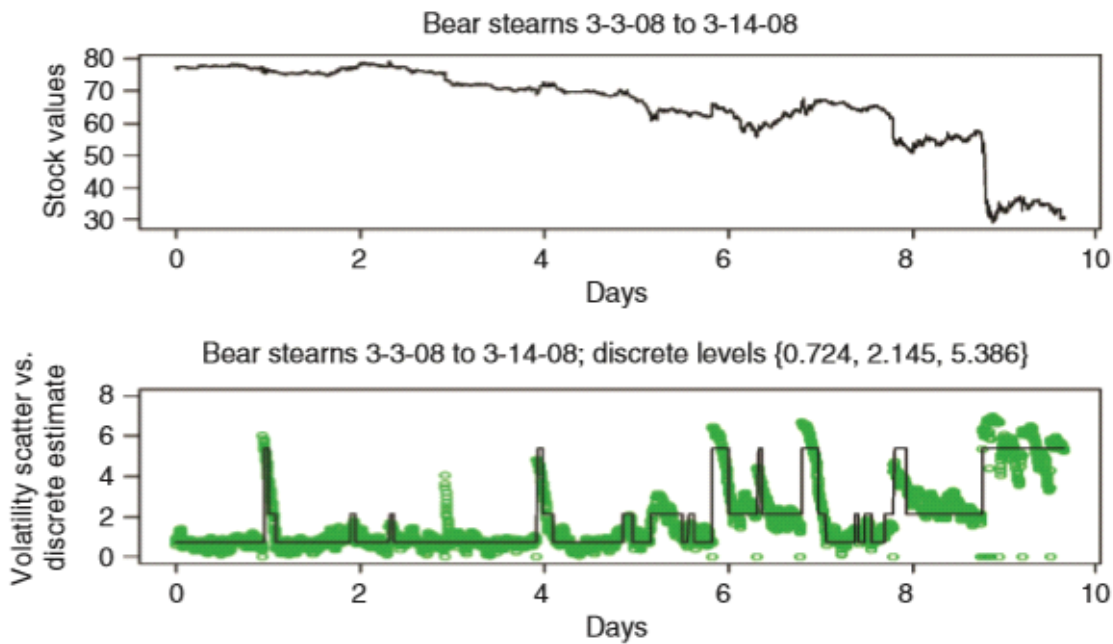


FIGURE 5.5 Bear Stearns stock price/volatility during the last 2 weeks.

我们已经进行了一个彻底的调查，使用了一些不同的数据在三月10日到14日。因为缺少空间，我们展示了情节和细节的结果为这些股票（在额外的材料供给B），这个结果是非常明显的。每一支股票的波动水平（被估计的）是非常高的，在投资阶段在这些实际的价值之上，所有的股票都趋向于高价值在交易日的开始。直到交易日的中午。然后又在星期五开始。相应的股票价值没有表现出任何明显的模式。

当我们观察这些非投资行业的时候，我们最终观察波动水平，那是股票的特点和特色。例如，

IBM的股票估计水平是0.36，0.63和0.78。（这是一个典型的股票水平）。而且，IBM展览提升了股票的波动。在星期三的早上和星期五。被分析的石油公司的股票和IMB的股票十分相似在波动性和行为方面。

它们显示仅仅在周五有过一个增长。在波动行为方面的差异在技术公司的股票和其它公司之间向我们揭示了一件事情。在通常的技术公司，股票对市场的反映更快（与其它公司相比）。在这些非投资因素之间，我们也分析了FedEx公司这周的波动行为。资产行为展示了视野，对于BearStearns的破产没有反应。总结，我们相信这个模型提供了为市场行为提供了洞察力在那一周期间。首先，我们相信波动水平是不正常的在2008年的3月7号。并且继续了这种趋势，直到这家投资公司的破产。（破产的）信号被展示了在其它的投资

股本。但是没有在BearStearns发生。我们看到更高的波动水平在星期三的早上被整个的投资因素反映。价值因素被反映了在星期五伴随着 Federal Reserve Bank of New York 的评论：破产是即将发生的。这个时间除了高股权交易之外似乎没有对整体市场产生影响。

5.3.2 物理数据应用

全球变暖似乎是一个“热”的话题，我们想看看我们是否可以适应这种模式去研究和温度相关的问题。温度记录是全球气候变暖的最重要的信号。我们面临的问题是寻找足够高的频率采样的温度数据（这是需要检测的变化的变化）还要具有最高的频率采样数据，我们发现是每小时温度数据聚集在中央公园，纽约、市，纽约，美国，从2000开始。我们意识到，这些数据是非常大，因此我们的研究结果是不被外推。然而，我们发现的结果时，估计这些数据的变化是最有趣的。我们提出了两个典型的图片的估计波动率在图5.6页10（其余的图像在补充材料C）。

这是显著的，所有的图显示一个主要的变异值和从这个值的偏差不持续很长的证据。因此，我们的结论是，在一般的每小时数据展示了温度的变化上很大程度的一致性。

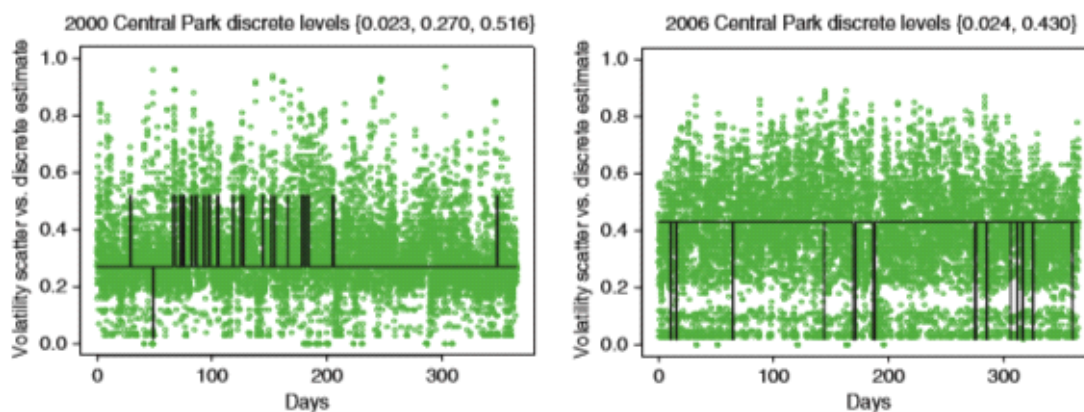


FIGURE 5.6 Hourly temperature data from 2000 and 2006.

表格5.1介绍了每年占主导地位的变化的价值。最后一个数据来自2010年7月，并以有一个一

致的方式估计我们重叠的时间段，我们在年底提供一个完整的一年的数据。

当我们看着这些价值的时候，有一个明显的区别。对于2000年至2005年，变化是显著接近0.3。从2006开始，有一个显著的变化。变异水平接近0.42。这个究竟是什么意思，和什么引起的温度变化的变化，我们不知道，但我们解释这一点，作为一些证据表明：纽约市地区的气候有有一个一定的变化。

**TABLE 5.1 Yearly predominant node volatility
2000–10 Central Park, New York City.**

Year	Predominant volatility level
2000	0.27
2001	0.269
2002	0.271
2003	0.276
2004	0.276
2005	0.293
2006	0.43
2007	0.423
2008	0.425
08/08–07/09	0.424
08/09–07/10	0.411

我们会喜欢把这种方式获得的结果与早期的数据进行比较。不幸的是，在2000之前的数据没有收集足够高的频率。我们发现的其他温度数据收集在相同的位置（中央公园，纽约市）从1976到1977，但这一数据被每3小时采样一次，从而获得的数值结果是不直接可比的。我们可以看到在图5.7中的输出第11页。这一次的过滤器输出只有一个波动节点作为最佳拟合的数据。连续两年的价值也接近（0.49比0.48）。然而，正如所提到的，我们可能不比较此值与2000——2008年的结果，因为采样频率是不同的。如果说，随机波动过程的平稳分布是高斯（似乎是），那么一个简单的转换应该给出每小时波动值的指示。

$$\sigma_{3h} = \sigma_h * \sqrt{3}$$

通过这个，我们可以猜出来小时的数据值，大概是0.277，和0.283。这些数据和我们从2000年到2005年获得的数据是一致的。

在这一章最后的模型中，我们考虑收集2004年9月28日帕克菲尔德地震数据。

5.3.3

为了最终的模型实际的应用，我们考虑搜集加利福尼亚州2004年9月28号的数据。在震级6.0的

范围。19世纪80年代的数据已经预测出来一个1993年的地震在这附近发生。结果，一个传感器网络在1994年12月20号被建立。一个M等于5.0的地震发生了。我们把这些数据的获得归功于这些传感网络的建立。

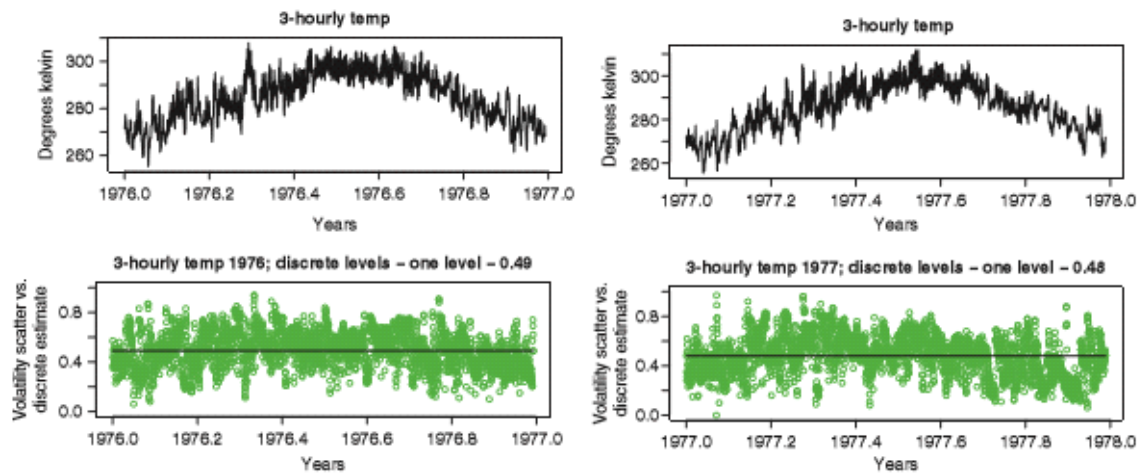
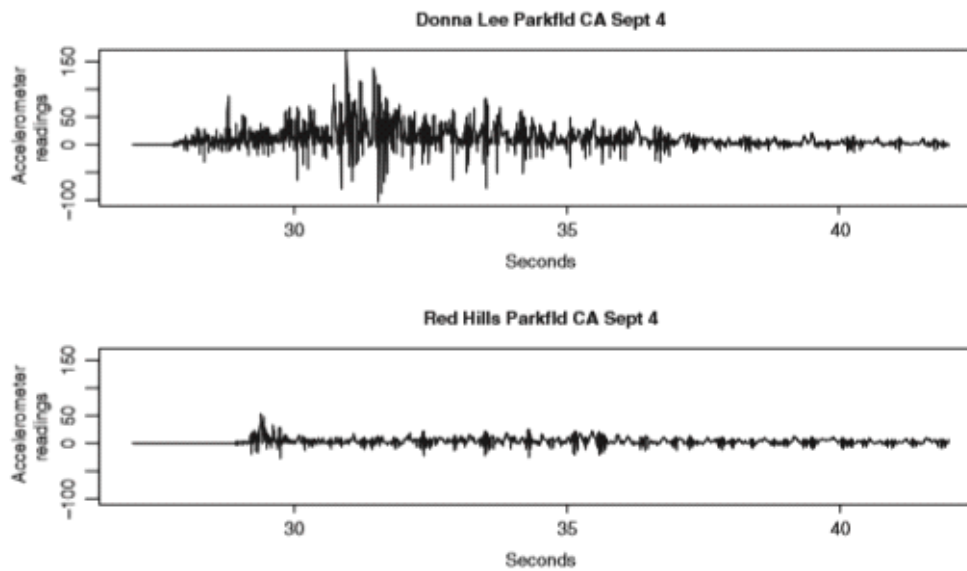


FIGURE 5.7 Three-hour volatility estimates for 1976-1977.



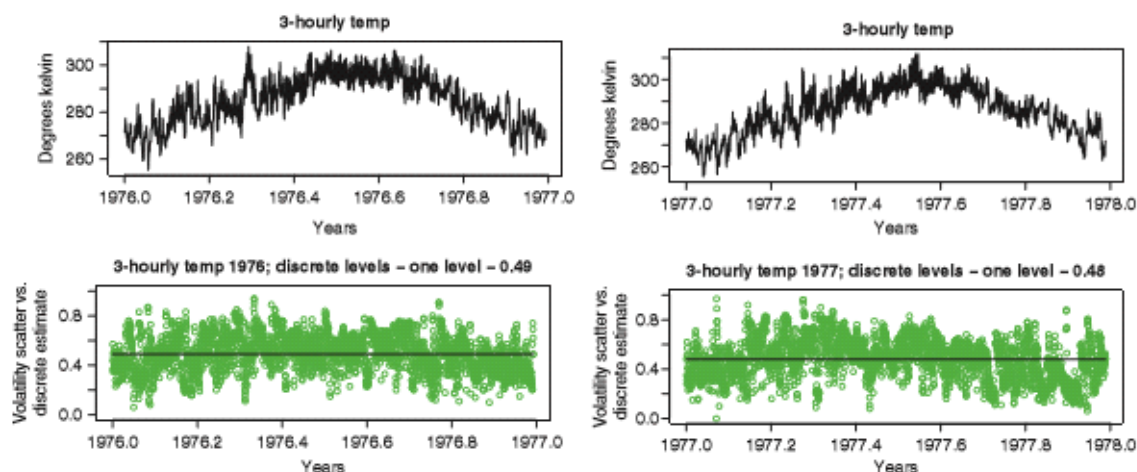
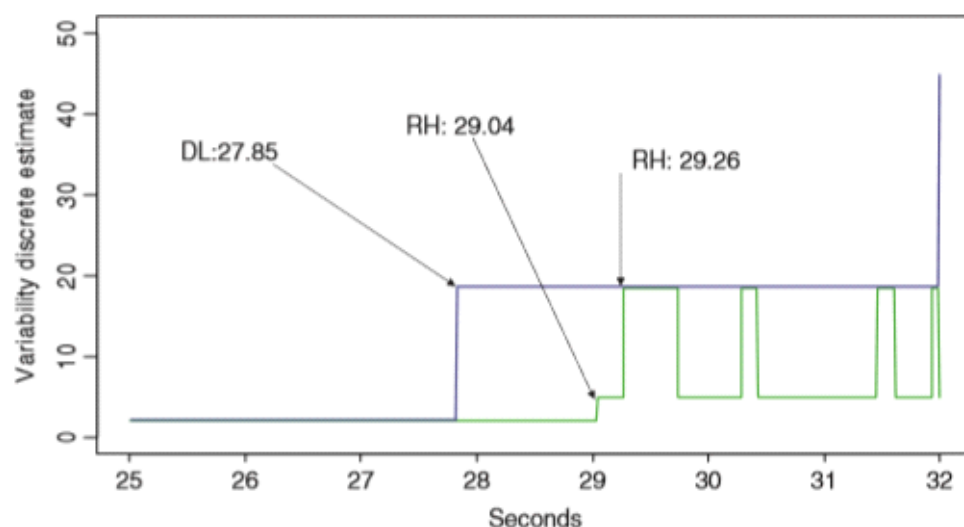


FIGURE 5.7 Three-hour volatility estimates for 1976-1977.

在分析中我们使用的数据对同一个地震（2004帕克菲尔德地震）从两个不同的研究得出：红山站和唐娜李站。这两个站在山区，他们约在相同的海拔，站与站之间的距离大约为23.8英里。

图5.8给出了在两站之间的原始加速度信号。很明显，两照片Donna Lee更接近震中。如果我们使用门槛到达时间（原加速通过3级的时间）作为初始P波能量到达每个位置的时间，然后在地震开始17：Donna Lee在27.849和红色的山17：29.259。

我们展示多样性的估计，为一个受限制的地区。在信号的开始的时候，并且，我们指出这个估计在章节5.9中被包含。Donna Lee在波动变化中展示了一个尖端。这幅图像的第二个时间和多样性变化是一致的。并且这个是和P波显著接近的。

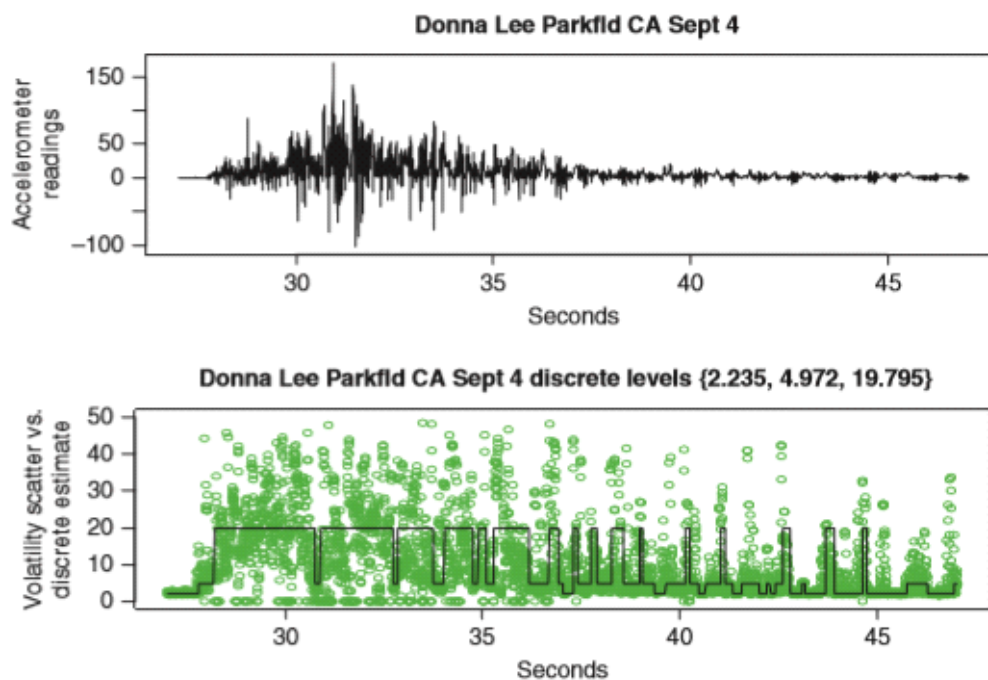


通过使用P波的到达时间是确定地震的实际起源或震中的方法之一。一个简单的三角测量方法可用于以下事实，如果知道的波传播的速度并且穿过地面的速度图是已知的。然而，有一些影

响这个的因素。比如地面的温度和湿度，例如，在一天的变化的因素，他们的影响是未知的。此外，更分散的波（进一步从震中）更大的干扰（和影响）这些因素。请注意，在红色的山丘上的信号没有看起来像信号在靠近震中的位置。对于这个原因，我们认为，第一次的方差的移位检测可能是一种替代的方式提供三角测量结果。这种方式获得的结果可以与更传统的方法进行比较，要么加固要么动摇已有的结果。在这两种情况下，我们相信，该方法可能是有用的。计算地震的焦点或点对于地球物理分析和地震危险性的长期估计是非常有用的。即使短期预测一直没有成功，一些较小的地震和检测活动之间的相关性，在地震发生前不久已观察到。时间和地震信号的振幅也用于地球内部的基础研究。

这项工作提出了一种估算不可观测的信号的变化方法。该方法被用于三个不同的区域，并为每个区域提供了深入了解现实生活中的信号的工作。我们相信，这是一个模型的主要目的，我们已经完成了这一目的。

在该部分，我们提供的章节中提出的估计算法的收敛性结果，提出的论点是：通过提供的收敛速度估计和实证的理论，从一个已知的过程中产生的路径和与地面真实的估计



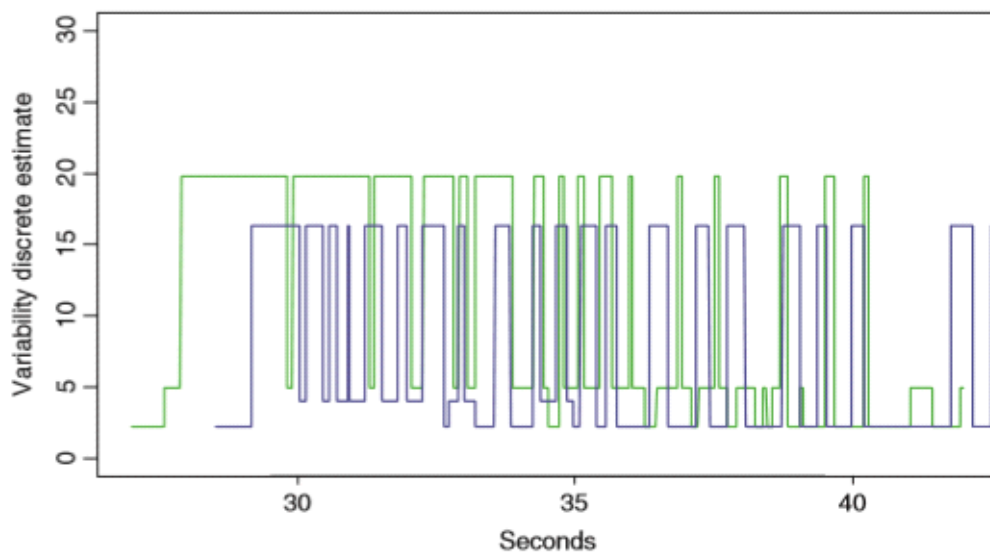
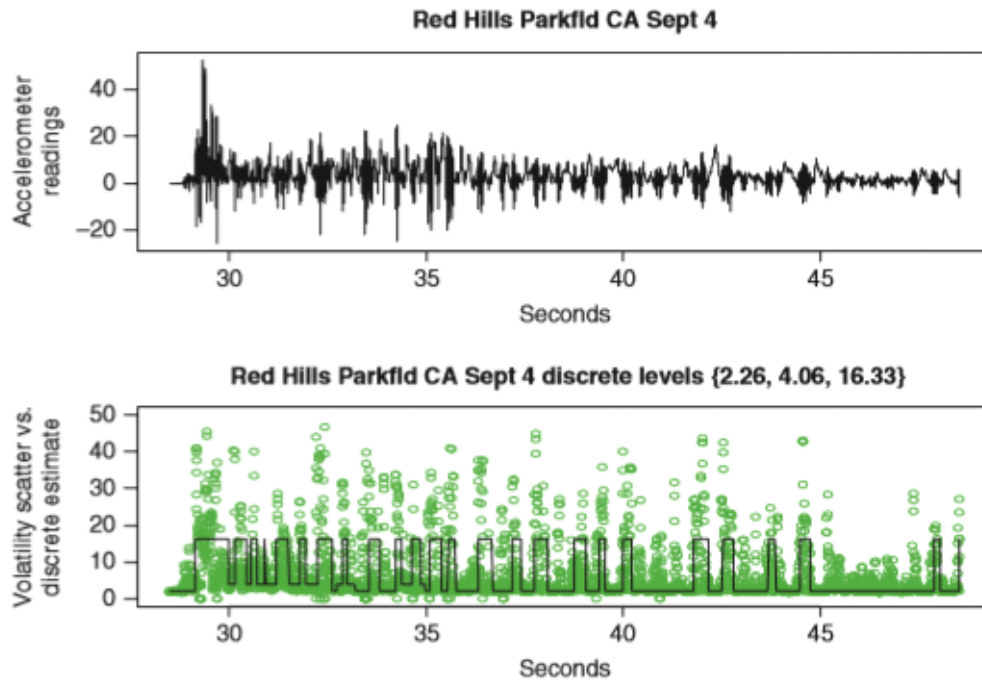


FIGURE 5.11 Parkfield CA earthquake. Comparison of the variability signals, Donna Lee variability in green and Red Hills variability in blue.

我们认为多样性的估计可能被证明时这个时期最有用的方式，首先指出多样性的变化是不容易从加速度中看出来的。经历过地震的人们将告诉我们他们感受到的地震的脉冲。这种变异的转移可以被精确地估计出来。更进一步地，通过把震级和他们间隔地频率联系起来，我们能够测量地震的破坏力。这个仅仅可以粗略地被里氏震级衡量。尽管里氏震级可以从理论上大概地估计地震地强度，实际上没有什么能够真正衡量地震地破坏力。例如，2010年地海地地震，是一场具有毁灭性质地的地震，被里氏震级记为7.0级。另一个仅有的7.0级的地震是2009年的西爪洼地震——是一个非常严重破坏性的地震。尽管如此，它也不能和海地地震的破坏力相提并论。我们也应该指出，爪洼地震波及了更多的人口。2007年发生在智利北部的托皮泊亚

大地震造成了两人死亡和150个轻伤。15000人口被转移。经济影响也非常严重。

更进一步地，如果我们看多样性估计和地面信号本身，有一件事情是十分清楚的：就算是相同的地震也不能从它本身发出的信号中告诉我们很多足够多的内容。可变性模式在这两个方位是平行的，假设有相关的短距离在这两个观测站之间，一个将能够预测出来红山信号站有一个相似的破坏力，这可能不是最初的研究得出来的案例。

5.3.6

章节5.10展示了两种状态的波动估计过程。主要变化变成了一个比较低的变化过程。加速器显示了更低的值对于场地的加速值。但是单独从信号来看，似乎没有一个关于地震的清晰的结束时间点

通过观察最后一个区域的波动，可能可以确定将来的某次地震发生的几率。余震是一种更小的地震发生在之前的一个比较大地震之后（在同一个地区）。如果一个余震比主要的地震还要大，那么余震应该被重新定义为主要的地震，关于这个的信息可以通过观察地震结束时模式的多样性而得到。

5.A.1

为了开始这一部分，我们指出在（5.3节的）不连续部分不符合传统的离散部分（5.2中的）。实际上，在任意的两个时间

t_{i-1}, t_i

进化过程近似于下面的连续波动过程。

$$\begin{aligned} X_t &= X_{t_{i-1}} + \int_{t_{i-1}}^t \left(r - \frac{Y_u^2}{2} \right) du + \int_{t_{i-1}}^t Y_u dW_u \\ Y_t &= Y_{t_{i-1}} + \beta(Z_t - Z_{t_{i-1}}) \end{aligned} \quad (5.A.1)$$

这个辅助的模型的近似值被用来估计马尔可夫链的 Y_t 参数。离散滤波器的聚合点是一个被广泛研究的问题。Del Moral, Jacod, and Protter [Del Moral et al. (2001); DelMoral (2004)]发展了滤波错误和滤波值的边界。在被引用的工作中，作者用一个给定的观察过程 $\{X_t \mid t \leq t_N\}$ 和一个噪音测量过程 $\{Y_t \mid t \leq t_N\}$ ，来处理未观测的过程。

特别的是，下面的通常的情况被展示处理，当 X_t, Y_t, a, a', b 和 b' 是 q 维的随机向量和值函数的状况时。

$$\begin{cases} dX_t = a(X_t, Y_t)dt + b(X_t, Y_t)dW_t, \\ dY_t = a'(Y_t)dt + b'(Y_t)dZ_t \end{cases}, \quad (5.A.2)$$

这种情况下，第一和第二派生的 b 和 b' 都存在，并且有边界。更进一步的， $\|b\|_2$ and $\|b'\|_2$ 都不恒为0.

被估计的 (Y_t) 的分布的过程用

$$\Pi_N \sigma = \{\sigma_t \mid X_t, t \leq t_N\}.$$

来指示。数字滤波器的输出使用了 n 个测试路径。这个被引用的工作提供了一个联系，在预期的错误之间

$E(\hat{\Pi}_N^n \sigma - \pi_N \sigma)$ with a function of N , n , and σ .

权重函数被通常的过滤算法使用。

$$\phi_n(v) = C(N)\phi(vn^{\frac{1}{2+q}}) \quad (5.A.3)$$

上面的公式和我们在我们更加特殊的算法 ($q=1$) 是一样的。而 n 是生成的测试路径的数量, N 是总共的观察结果的数量。这个被引用的结果说明了两个滤波器的聚合结果。当辅助模型的 n 趋于正无穷时, 特别的, 当 $q=1$ 时。

$$E [\hat{\Pi}_N^n \sigma - \pi_N \sigma] < \frac{C\sigma}{n^{\frac{1}{3}}} \quad (5.A.4)$$

$$P (|\hat{\Pi}_N^n \sigma - \pi_N \sigma| \geq \delta) \leq Ce^{-n^{\frac{2}{3}} \frac{\delta}{(C\sigma)^2}} \quad (5.A.5)$$

在我们的例子中, 这个聚合论证需要被模型化, 因为辅助过程的特点。在我们案例中的思想是展示辅助过程向真实马尔科夫波动过程的收敛, 唯一的被考虑的理论案例是当权重函数是高斯分布的时候。在实证测试环节, 我们看到很多其他权重函数的影响, 他们对估计过程机会没有影响。我们仅仅在附录中指出相关的研究结果。如果想要一个更彻底的分析和结果, 我们参考原始的硕士论文 (Levin, 2010)。

定理5.1 波动水平的点估计 在一个给定的状态, 给定 $\epsilon > 0$, 存在一个足够大的 C 使得:

$$P \left(|\tilde{\sigma}_i - \sigma_{\text{est}}| > C \sqrt{\frac{\sigma_B}{Nn\Delta t}} \right) < \epsilon \quad (5.A.7)$$

定理5.2 在一个给定水平上的波动点估计在每个区间上的 N 个观测结果

Theorem 5.3.

$$P \left[|\tilde{\sigma}_i - \sigma_i| > C \times \sqrt{\frac{2}{N}} \sigma_i \right] < \epsilon \quad (5.A.9)$$

下一个结果和离散波动系统中的参数值相关

Theorem (定理) 5.3

$$P \left[|\tilde{\sigma}_i - \sigma_i| > C \times \sqrt{\frac{2}{N}} \sigma_i \right] < \epsilon \quad (5.A.9)$$

作为一个两阶段的系统{a1, a2}, 具有转换率 λ_1 从状态 a1 转向状态 a2具有转换率 λ_2 。我们想测试这些节点层{a1, a2}, 和在每一个层的转换率。这些节点层是肯定来自一个配安排好的高斯分布（关于波动估计），并且使用这种方法作为节点估计。通过足够多的点，在定理 5.1 – 5.3的聚合点使我们能够区分和估计点，如果在这个层级的这种方法 是足够长的并且具有足够的转换。从这些点估计的聚合结果上我们看到了一个精确的增长，作为路径的数量和每一个观测点的数量在每一个阶段，在一个给定的水平增长上面。这个甚至保持了一个足够强劲的点估计，而且作为总体点数量的增长在一个给定的水平增长上面。

5.A.3

马尔科夫链的参数估计

有条件的从状态i到状态j的转化过程被下列公式给出：

$$p_{ij} = \frac{\lambda_{ij}}{\sum_{j=1}^n \lambda_{ij}} \quad (5.A.10)$$

这个公式使得变化概率的估计可以被计算，通过使用可以实证的转换概率。这些个人事例的转换概率的置信区间可以被计算出来通过使用二项式的近似计算或者多项式分布。

实际上，越大的窗口或者框架点被使用，被估计出来的可能性越大。我们遇到的一个问题是哪一个偏离的错误影响了我们估计的准确性。如果算法错误的侦测到了一个跳跃在某个时期的波动阶段，那么这将把波动过程切成两半。通过足够多的数据，这个问题可以被解决。可是，这通常有一个绝对的实用限制。错误和正确之间的定量关系似乎是非常复杂的。

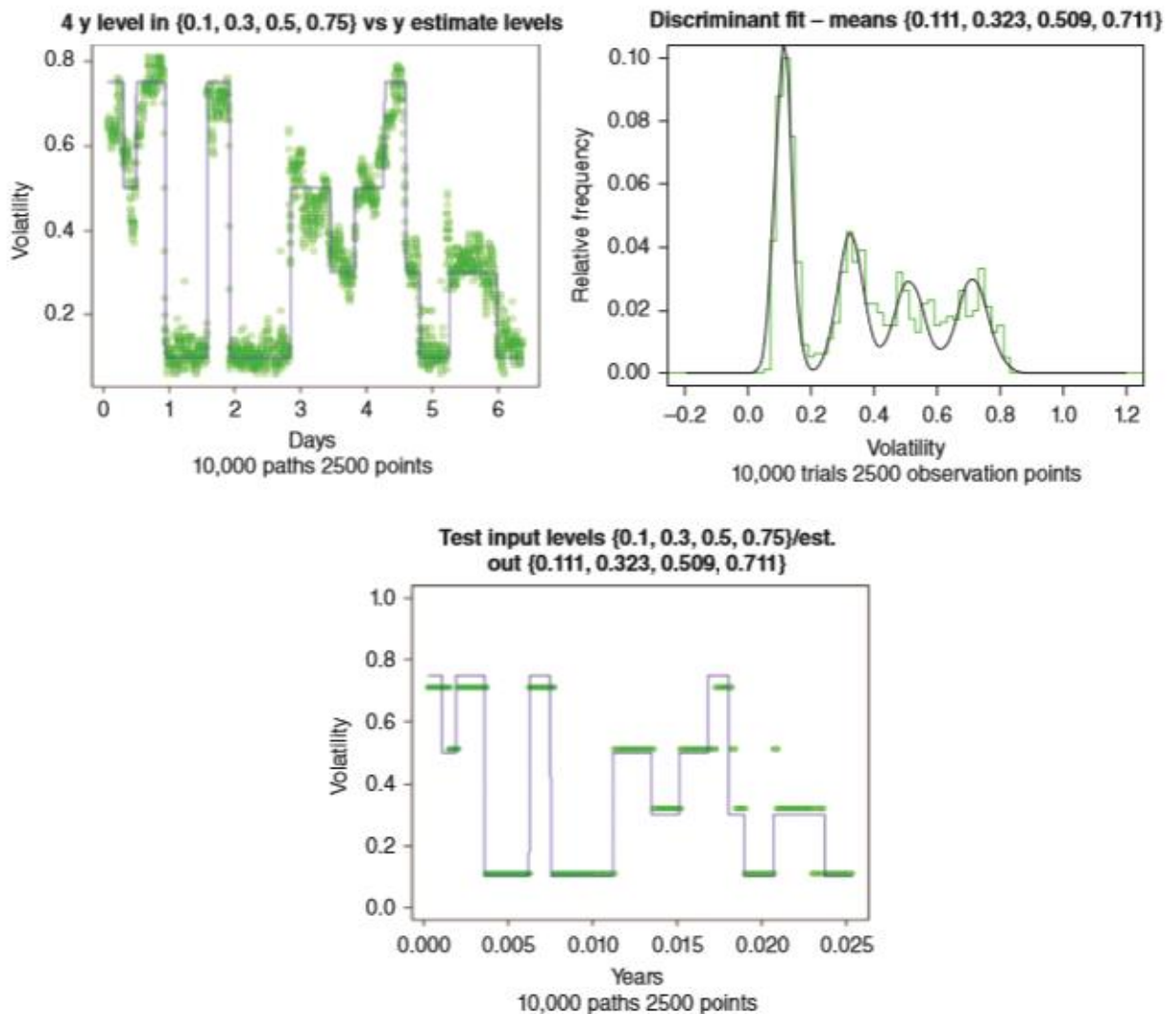


FIGURE 5.12 Test data: 4 Nodes (0.1, 0.3, 0.5, and 0.75).

屏幕剪辑的捕获时间: 2016/8/22 18:02

5.A.4

在这个部分中，我们生成了我们的观察结果。使用一个已知的马尔科夫链。然后我们展示这个估计过程的程序并且把这些估计结果和已知的值进行比较。

我们展示了累计的结果为点2, 3, 4马尔科夫链。我们累积了2000个观察点，这些点翻译成一周的每分钟金融数据。8~10千个模仿点每条路径上。50~200个观测结果每个状态期间。

在章节5.12中，我们展示了算法的输出结果，为4-点的估计结果。第一幅图像表明了实际的波动（黑线）和估计的波动（绿线）。第二幅图像展示了

直方图的意义和定制好的高斯直方图。最后，第三幅图像展示了实际波动率和估计点仅限于点值。总而言之，这个算法需要几个在一个新的水平上的观察结果，在它侦测一个波动点之前。

因为这些结果包含了额外的测试数据，我们希望读者去参考一下我们的添加文件A部分

5.A.5

由于本文档的页面约束，我们被迫留下了许多的结果和影像，我们认为他们将推动这项工作，并展示了广泛的测试投入这项工作。因此，我们已经添加了三个文件，并且把可见的链接提供在期刊网站上。

添加文件A：

这些pdf文件展示了测试的结果，（ 这些结果由已知参数引起 ）。我们选择的聚集了数据值，频率和点之间的距离。作为在我们的应用程序中被观察到的部分。一些数据值被选择因为他们 在估计过程中的困难，这样来证明算法的力量。

添加文件B：

这些pdf文件展示了波动，这些波动从贝尔斯登破产那一周的每分钟的股票数据得来。我们使用金融领域的股票和商品领域的股票得来，来证明不同的波动模式之间的区别。

添加文件C：

这些pdf文件展示了波动水平，数据来自于2000年到2010年纽约中央公园的气候数据。

参考资料：

Aït-Sahalia,Y.,and R.Kimmel(2007).Maximum likelihood estimation of stochastic volatility models. Journal of Financial Economics 83, 413– 452. Barndorff-Nielsen,O.E.,and N.Shephard(2002).Non-Gaussian Ornstein-Uhlenbeck-based models and some of their uses in financial economics. Journal of the Royal Statistical Society B 64. Black, F., and M. Scholes (1973). The valuation of options and corporate liability. Journal of Political Economy 81, 637–654. Bladt,M.,and M.Sorensen(2007).Simple simulation of diffusion bridges

.....