

为了纪念合并(也称为巴黎硬叉)，一个巨大的Ethereum标志矗立在卢浮宫中央。摘要工作证开采时代结束后，执行层的交易费用将支付给权益证明验证人

。由于EIP-1559费用的燃烧，实际支付给验证者的大部分剩余费用是“最大可提取价值”(MEV)。合并后，Ethereum具有一定的12秒块间隔

不是平均13.5秒的可变块间隔。但这一变化可能对MEV的不稳定性影响不大。2022年3月至2022年8月

虽然到达矿工手中的MEV水平很低，但一直很稳定。根据合并后向验证者支付相同级别MEV的模型，验证者的中位收益率为6.1 % apr (包括MEV和共识层奖励)

、下四分位数为5.3%，上四分位数为7.3%。这是基于过去六个月的数据。2022年3月至2022年8月。

运行多个验证者或与其他验证者共享收入的用户通过例如流动性保证提供者获得较低的收入不稳定性级别。引言随着Ethereum不断转向权益证明(PoS)信标链

然后将其作为主网络的共识引擎，许多媒体开始集中报道开采时代的结束以及随之而来的能源使用问题和以太网发行量的减少(PoS更安全，可以抵抗中心化)的工作。但是

、信标链接管道交易收录和排序作用的另一个结果是，目前支付给矿工的交易收录费用将支付给封杀者。这意味着随机选择的验证者每12秒发出一次块。

选择和阻止验证者的方法与现有流程没有区别。正如第一篇关于验证者收入的文章所述，即使验证者完全参与，这个过程也会在收入方面带来随机的变化。因此，本文认为问题在于

，验证者的收益在多大程度上受到通过将交易并入Ethereum执行层而收取的费用的影响。MEV的具体含义在标题中。我把这些执行层的费用称为“MEV”

但是，这可能会导致混乱。因为MEV这个词可以表示“矿工可以提取的价值”、“最大可提取价值”——这个词看起来并没有准确表达验证者在合并的Ethereum块中收录或排序交易所获得的利益。为了减少歧义，Flashbots团队引入了“实现的可提取价值”一词，表达了实际获得的价值，而不是理论上的最大值。但是，这种命名方法也会引起误解，无法明确这个价值是被搜索者“实现”的价值

还是实际支付给矿工/验证者的金额。因此，为了简单起见，人们已经广泛使用了“MEV”这个术语，所以我在这里用它来代替矿工/验证者获得的收入。那么，如果能使用交易费用这个直接的词的话

为什么需要选择华丽的用语——MEV？其主要原因是，自从Flashbots引入Ethereum主流执行客户端geth的分支以来，交易收录和排序收入发生了巨大的变化。截至2022年8月，约74%的Ethereum散列算法运行mev-geth，矿工可以收到更多时效性交易捆绑包以获得收入

，接受直接支付的奖励(以前这些钱都是在Gas费竞争的过程中消费的。另外

、Flashbots、Ethereum财团和客户团队共同开发的mev-boost，可以为验证者从合并后的相同收入流中获利。事实上，无论验证者是否选择运行mev-boost，他们收取的出块费用广义上仍然属于MEV。更重要的是，自从伦敦硬叉引进EIP-1559后，交易费中的拥堵费不再支付给矿工，而是被烧毁了。这是说明

，目前矿工的大部分收入是为其捕获价值支付特殊溢价的交易，即MEV。因为，时效性低的交易只是向矿工支付象征性的费用。初始模型

我以前在一篇关于验证者报酬的文章中，只关注验证者参与信标链，即共识层所获得的利益。此外，2021年7月

Flashbots的Alex Obadia和Taarush

Vemulapalli介绍了对MEV部署验证者奖励影响的早期成果。

为此，他们专门从约10万个块的样本中获取了Flashbots交易捆绑数据。

首先，对各块进行了平均化处理，对每个块应用了固定值的MEV。然后呢

，他们调查了该数据集的第一位和第九十九位的百分位数，以确定验证者的收入范围。结果表明，其差异非常显著。本文通过以下方法进一步改进该方法：

不仅观察Flashbots捆绑包，还观察费用收入的整体情况。由于来自执行层的所有矿工的费用收入都可以认定为某种MEV2，所以采用更大规模的数据集

、考虑MEV等级随时间的变化3 .对结果整体的分布进行模型化4

.在计算执行了多个验证者的用户的结果分布的变化的上述文章中观察到的点在于

，很难推测EIP-1559对矿工支付的费用产生了什么影响(文章撰写时引入EIP-1559的伦敦硬叉还没有在线)。但是，我们现在有很多这方面的数据。如下图所示

支付给矿工的部分费用在伦敦被硬叉后，反而从以太坊的供应中消失了。很明显，伦敦硬叉之前和之后的数据没有可比性。因此，本文只处理伦敦硬叉后的数据。选择数据集

本文使用历史数据预测未来。在金融事件中不可靠。如前一篇文章所述，由于伦敦硬叉的EIP-1559的实施

，交易费市场在2021年8月发生了巨大的变化，该硬叉在区块升值达到12,965,000时在线，因此之前的数据无法与最近的数据进行比较。之后的硬叉是Gray Glacier，在区块高度15,050,000处在线，并被推回Ethereum的难度炸弹(difficulty bomb)。但是，在此之前，平均块间隔已经开始变化。之后，块间隔也会变化

但是，由于对可用的MEV的影响似乎有限，所以没有必要担心Gray Glacier以前的平均块间隔会稍微增加的问题。因此，自伦敦硬叉以来，我们获得了一年多的可用数据。事实上

，我们不妨采用正好一年的数据，留出时间结算费用市场。注意方框13、136、427(2021年9月1日开采的第一块)至方框15、449、617(2022年8月31日开采的最后一块)范围内的区块

。这些块包含一年的数据，共计约230万个块。选择这个块范围后，需要确认每个块的矿工有多少收入。为此

，然后使用Flashbots的mev-inspect-py工具。此工具用于删除块的“Coinbase转移”事务处理并统计费用。这是因为目前支付矿工的方式主要有两种其中包括交易——，该交易在Flashbots包中包含MEV，设置足够高的交易费用或作为交易的一部分直接支付给矿工。因为Gas更有效率

搜索者倾向于使用Gas费用而不是Coinbase转账来支付矿工。尽管如此，为了获得更全面的信息，我们希望将这两者都包括在数据集中。为了决定各块的MEV金额

必须做更多的工作。首先，必须排除矿工付给自己的交易。因为这些交易没有经济意义。因此，需要识别由一个矿池管理的多个地址。这包括用以太网扫描进行手动搜查。，根据每个交易的发件人地址是否位于一个矿池中，根据生成该交易的矿池，在每一块中列出。完成这些后，您将有机会生成每个块的MEV摘要

，减去EIP-1559中的以太网货币和池内转账，并将其作为用mev-inspect-

py填充的附加表保存在Postgres数据库中。最后，结果是

其中，有交易费用远远高于其他任何交易(7676 ETH)。事实上，这笔交易费本身约为2300万美元，在这一时期提取的所有MEV中占很大比例。在这种情况下

高额费用是错误的结果，大部分费用都返还给了矿工。

考虑到这一点，我们决定从数据集中删除这笔交易。

块间隔在开始更详细地研究矿工收入在块之间的分布之前

首先，应该暂停考虑合并后的另一个变化，即块间隔从随机(块间平均约13.5秒)变为固定的12秒块间隔。凭直觉

，可能会认为延长区块间隔会使矿工从运入的交易中收获MEV的机会增加，从而增加区块利润。可能认为区块间隔的变化会严重影响矿工的收入。

为了明确这些问题光靠链条上的数据是行不通的，附录中也进行了说明。

现在，我想说的是，从表面上看，可变区块间隔对矿工收入的影响似乎非常小。

在以下内容中

，我通过按这个比率反比计算所有矿工的收入，表明块的平均频率从平均间隔13.5秒到12秒略有增加。

但是，它不会在建模中解释可变间隔和固定间隔之间发生的变化。

在历史MEV水平上，我们从以下两幅图来看看矿工在典型的方框中可以期待多少MEV。从直方图中可以看出，每一块矿工的收入往往非常低。

第二张图可能有点不直观

但是，实际上提供了更多的信息。可见，矿工收入中位数为0.07 ETH。图中还显示了其他几点，价值最低的1%区块没有向矿工支付任何费用而且，价值最高的1%的区块为矿工支付了1.8 ETH以上的费用。

如下表所示，价值最高的0.1%的区块向矿工支付了12.5 ETH以上的费用。

MEV变化趋势上的直方图和ECDF是基于我们一年的数据，并以静态分布的形式绘制的。但是，人们可能会认为矿工的收入水平会随着时间的推移而变化

、矿工收入的分布取决于多种因素，包括链上活动水平、支付给矿工的可用MEV比例的变化趋势，或者与L2区块链相比，基础链上可用MEV的数值。

为了弄清楚这一点

下图显示了数据集每周的块奖励中值。以前看到的整体中央值用红色虚线表示。每周的理由是，发现链条上的活动每周以一定的周期变化，例如周末的活动比较少。于是，我决定，通过对这些数据进行分组并提取中值，消除了周期性噪声。明显，在该图中，矿工收入每周中位数水平总体呈下降趋势，波动逐渐缓和。如果用橙色虚线将这个图标分成两部分那么，这两个可以认为是独立的两个部分，表示在不同的网络/市场条件下向矿工支付的MEV水平。但是，我们必须看到的是

，我们不能对根据历史数据作出的关于未来收入的任何估计有很大的信心。(这就是我在本文后半部分要解释的内容，请记住这个。因为我们长达一年的数据集矿工收入水平不稳定

中选择所需的族。可以更详细地比较数据集前后的两个部分。

下图显示了数据集两部分的ECDF。

蓝色线表示数据集的前半部分，橙色线表示后半部分，蓝色线明显低于橙色线。

x轴显示收入数据每四分位，矿工的收入水平在数据集的前半部分会变高。

上一个图表中显示的整个数据集的ECDF位于这两条直线之间。

如下表所示，每个块后6个月的中值MEV近似等于前6个月的一半。

既然模拟了合并后的MEV收益率，结合对矿工历史区块收入的理解，我们来模拟一下验证者一年的MEV收入情况。因为我们现在考虑的主体不是矿工而是验证者

我用32个ETH的百分比返回来表示结果。

我们还没有给出各区块收入分布的具体分析公式。

很难利用帕累托分布提出合理的公式。这会使建模工作有点复杂

所以，在这种情况下使用蒙特卡罗模拟法。这个方法的原理很简单。生成均匀分布在0和1之间的随机数，使用这个数字从我们以前计算的ECDF中进行检索()

考虑平均块间隔从13.5秒到12秒变化；

然后，将该块的收入分配给随机选择的验证者；

最后，重复该过程，直到获得一年的模拟块(共计2,629,746块)

。进行三次这样的计算，分别使用从年数据集得到的ECDF和将数据集分割为两个部分后分别得到的ECDF。假设验证者的性能良好(无遗漏的块方案)。

。此外，还将使用与2022年8月验证者集规模相近的420,000个验证者集。这个验证者的数量也可以分成正好32个小组，这在今后研究验证者小组时非常有用。

因此，以中值为基准，基于“高MEV”期间即2021年9月至2022年2月的数据，M

EV在验证者的APR中似乎增加了约3个百分点

另一方面，使用“低MEV”期间(2022年3月至2022年8月)的数据，增加了约1.5个百分点。但是，一些验证者在一年时间里几乎没有从MEV中得到任何回报

而且，少数幸运者可以获得100%以上的利润。

通过建立完整的验证器报告模型，现在可以看到验证者的MEV收益近似。

接下来，让我们引入证明和同步委员会的报酬来完成模拟

。因为beaconcha.in经常表示加入信标链的比例超过99%，所以为了简化起见，这里可以默认所有参与。

实践中，如果我们今天在主网上看到的情况在合并后还存在的话

，验证者收益变化的主要原因不是验证者的绩效，而是随机分配的屏蔽者角色、同步委员会和MEV。

因此，在以下模拟中，所有验证者都将因出色的身份验证性能而获得相同的报酬

但是，每256个epoch由512个验证者组成的委员会被随机选择，随后有256个epoch参加，委员会得到了完全的同步委员会奖励

。每个区块的MEV选择方法与以前相同，但现在验证者可以获得信标链阻断激励和执行层交易费用(MEV)。

因此，基于我们年的历史MEV数据集，考虑了平均区间的减少

，“中间50%”验证者的模拟收益率约在5.7%至8.5%之间。另一方面，“最幸运的1%”的验证者年收益率将达到30%，而“最不幸的1%”仅为4.2%。整个系统中最不赚钱的验证者仍然获得3.8%的利润，最赚钱的验证者在这一年中获得了4500%=45倍以上的利润率。但这种模式的收益率不包括复利。实际上

获得如此巨大利益的运营商可以选择设立新的验证者，从而获得更多利益。

运行多个验证者的最后一个问题是运行多个验证者的质押具有什么样的收益分布。在下面的图表中

，我们模拟集的验证者(基于年块收入数据)分为2、4、8、16、32个验证者组，用于比较不同组大小的ECDF的年收益率。

图中的红色虚线表示整个验证者集的平均收益率。

也就是说，如果所有MEV和信标链的报酬平均共享，则每个验证者获得的收益率。

预计平均收益率为Lido等大型验证者群体

、或非常大的机构质押)扣除任何费用前的收入。
从表中可以看出，验证者的规模越大，ECDF线也越陡。
这相当于直方图的峰值变窄，随着验证者的规模变大

收益变动率也不断减少。不仅如此，运行单一验证者的四分位数范围，即25位和75位之间的APR百分比差异约为2.8个百分点

但是，对32位验证者的小组来说，四分位的范围只有1.2个百分点。
这就是我们期待的结果——。

通过运行多个验证者，可以使来自共识层和执行层的报酬变动顺利。 我没想到的是

由32位验证者组成的组的收益变动率(在四分位范围内测量)只比单一验证器的收益变动率低2.3倍左右。 这对一些来说是非常好的结果，因为我们希望收益率更稳定，可以更好地预测而且，这使数据的分布更加集中。 在这种情况下，如果收益水平呈正态分布，当铺增加32倍，收益变动率就会增加325.8倍。 与此相对

，Barnabmonnot(Ethereum基金会稳健激励组长)已经做了一些初步工作。 他发现财富集中化的趋势可能是奖励分配不均的结果，但这仍是一个值得研究的问题。
结论

本文试图利用历史数据模拟合并后执行层费用对验证者收益率的影响。
如果使用MEV充分存在的时期(2021年9月到2022年2月)的数据

，MEV在验证者的收益率上增加了约3个百分点，但使用来自MEV较少时期(2022年3月至2022年8月)的数据时，这个数字下降到了1.5个百分点。 在这两种情况下，收益水平相当不稳定，一些验证者一年内几乎没有收到MEV，一些验证者的年化收益率远远超过100%。 我们发现，参与共识层激励，良好的验证者至少会获得3.8%的年利率、中值年收益率大致为6.1% (基于低MEV数据集)至7.6% (基于高MEV数据集)。 虽然发现验证者组比单一验证者能获得更平稳的回报，但(至少对我来说)这种效果并不像预期的那么显著

由32位验证者组成的组的收益变动率比单一验证者的变动率低约2.3倍。
但是，过去的业绩并不能保证未来的回报。
尚不清楚MEV将来能在多大程度上为验证者所用

那么，其他参与者(APP、用户、L2定序器、生成器、转发器.....)最终能获得多少比例呢？

因此，本文的建模结果并不是对未来的预测，而只是提出了几种可能的情况。
文章的末尾

我还没有谈到这样的问题。合并后，我们可以提前知道某个slot的屏蔽者的身份。目前、权益证明区块链上的这一变化为原子交叉链交易和多块MEV提供了新的可能性(因为拥有相当比例质押的验证者可能会配置与多个区块链同步的区块提案)。但是，如何实现这些功能仍然是一个很大的未知数。尽管如此，本文希望为验证者了解如何考虑在Ethereum上合并后的方向和收益提供一些想法

权益可能也有助于证明在未来几周、几个月、几年中建立自己的生态。
律动积木注意

、中银保监会等五部门2018年8月发布的《关于防范以「虚拟货币」「区块链」名义进行非法集资的风险提示》文件显示，请公众广泛理性看待区块链，不要盲目相信花哨的承诺树立正确货币观念和投资理念，切实增强风险意识对发现的违法犯罪线索，可以积极向有关部门举报和反映。